

ESTIMACIÓN DEL VALOR DE NO USO DEL ÁRBOL URBANO EN EL VALLE DE ABURRÁ

JUAN CARLOS BERRÍO RÍOS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

DIRECTORA:

Catalina Londoño Cadavid, Ph.D.



**UNIVERSIDAD EIA
INGENIERÍA AMBIENTAL
ENVIGADO
2016**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mi familia por permitirme realizar este trabajo y por poder estudiar en la Universidad EIA. Mis más sinceros agradecimientos a Catalina Londoño Cadavid, que más que una directora de trabajo de grado, fue una amiga y gran persona que me acompañó, aconsejó, enseñó y me ayudó en todo momento, sin importar la distancia, hora, problemas o inconvenientes que debía solucionar, además por permitirme trabajar con ella y hacer parte del proyecto. También quiero agradecer a María del Pilar Arroyave, Martha Isabel Posada, María Elena Gutiérrez por la gran ayuda que me brindaron a lo largo de todo el trabajo. A Julián Aguirre por el acompañamiento e interés que siempre mostró en todo el proyecto, y a Santiago Jaramillo por toda la ayuda que me brindó desde el inicio de la carrera.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	10
1 Preliminares.....	12
1.1 Planteamiento del problema	12
1.2 Objetivos del proyecto	14
2 Marco de referencia.....	15
2.1 Servicios ecosistémicos.....	15
2.2 Bosque urbano	17
2.3 Valoración económica	17
2.3.1 Valor económico total (VET)	18
2.3.2 Método de experimentos de elección	19
2.4 Antecedentes en valoración económica de bosque urbano	21
2.4.1 Guía para avalúo de árboles en Estados Unidos	21
2.4.2 Guía del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	23
2.4.3 Evaluación del servicio ecosistémico de remoción de contaminantes atmosféricos por parte del bosque urbano en sitios piloto del Valle de Aburrá.....	25
3 METODOLOGÍA.....	28
3.1 Zona de estudio.....	28
3.2 Selección de servicios ecosistémicos	33
3.3 Determinación y distribución de atributos y niveles.....	34
3.4 Diseño de la encuesta	37
3.5 Aplicación de la encuesta	41

3.6	Análisis estadístico	42
4	Resultados y discusión	45
4.1	Aspectos demográficos	45
4.2	Preferencias en cuanto al arbolado urbano	47
4.3	Disponibilidad a pagar	53
4.4	Disponibilidad a pagar según características demográficas	56
4.4.1	Diferencias de género.....	58
4.4.2	Diferencias por estrato.....	59
4.4.3	Diferencias por municipio	60
	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXO 1. CÓDIGOS EN STATA Y R	67
	ANEXO 2. ENCUESTA.....	70

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. Usos funcionales de los árboles urbanos.....	17
TABLA 2. Ejemplo de diseño de experimentos de elección.	20
TABLA 3. Biomasa total y almacenamiento de CO ₂	26
TABLA 4. Resultados remoción de contaminantes	27
TABLA 5. Distribución poblacional del Valle de Aburrá.	29
TABLA 6. Superficie en suelo verde según la red ecológica urbana.	31
TABLA 7. Ranking de atributos iniciales	34
TABLA 8. Funciones support.ces del software R	34
TABLA 9. Atributos con sus respectivos niveles	35
TABLA 10. Resultados encuesta sobre pago y compensación de árbol urbano	36
TABLA 11. Distribución poblacional del Valle de Aburrá.....	42
TABLA 12. Resultados logit condicional	54
TABLA 13. Valores de disponibilidad a pagar en COP	55
TABLA 14. Resumen de coeficiente teniendo en cuenta aspectos demográficos y la regresión inicial.....	57
TABLA 15. Resumen DAP teniendo en cuenta aspectos demográficos y la regresión inicial	57
TABLA 16. Costo del arbolado en el Valle de Aburrá según características demográficas	58

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos	15
FIGURA 2. Esquema de actuaciones para una estrategia para la conservación de la biodiversidad y los recursos	16
FIGURA 3. Mapa del Valle de Aburrá	28
FIGURA 4. Red ecológica urbana área metropolitana del Valle de Aburrá	30
FIGURA 5. Coberturas del suelo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	32
FIGURA 6. Parte del diseño ortogonal.....	37
FIGURA 7. Preguntas de control, arbolado urbano.....	38
FIGURA 8. Descripción de atributos y sus respectivos niveles	39
FIGURA 9. Ejemplo pregunta base de elección.....	41
FIGURA 10. Distribución estrato socioeconómico.....	45
FIGURA 11. Distribución de ocupación de los encuestados	46
FIGURA 12. Distribución del nivel máximo educativo	47
FIGURA 13. Preocupación de salir afectado por caída de ramas	49
FIGURA 14. Preferencias respecto a la presencia de flores coloridas en los árboles	49
FIGURA 15. Comparación de dos preguntas de control, según respuestas por género... ..	50
FIGURA 16. Descripción de especie de árbol - débil	51
FIGURA 17. Descripción de especie de árbol - colorido	51
FIGURA 18. Descripción de especie de árbol – delgado	52
FIGURA 19. Preferencias respecto a la atracción de insectos en los árboles	52

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1. Código en Stata y R.	66
ANEXO 2. Encuesta	70

RESUMEN

El árbol urbano provee servicios ecosistémicos como paisajísticos, sociales, recreativos, ambientales y económicos, que en la actualidad están siendo afectados por el desarrollo urbanístico en regiones como el Valle de Aburrá. La percepción del valor de un árbol urbano, incluyendo su valor de no uso, depende de los servicios ecosistémicos que los habitantes consideran más importantes según sus condiciones socio-demográficas.

En este trabajo se implementó el método de experimentos de elección, bajo una metodología planteada por Aizaki (2012) para el diseño experimental y la aplicación de un logit condicional para el análisis estadístico. Se formularon y aplicaron 437 encuestas a personas del Valle de Aburrá con 5 atributos relacionados con servicios ecosistémicos: sombra, atracción de fauna, reducción de contaminación, atracción visual y riesgo de daños, con sus respectivos niveles. Además de estos atributos, la encuesta presenta un rango posible de selección de precios entre \$25.000 y \$100.000 COP por árbol. El diseño experimental arrojó 72 pares de combinaciones posibles divididas en 9 bloques de preguntas, es decir, cada encuestado respondió 8 pares de combinaciones.

De los servicios ecosistémicos que se preguntaron, los más importantes para las personas fueron, en su orden, el control de la contaminación, el riesgo de daños, la sombra, y la atracción de fauna (aves y ardillas).. Teniendo en cuenta los valores de la disponibilidad a pagar (DAP) resultantes, el costo promedio de un árbol en el Valle de Aburrá va desde \$21.651 COP hasta \$221.194 COP. Los datos de DAP sugieren que hay diferencia en las preferencias de los ciudadanos según el género, el estrato y el municipio en el que habitan.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, bosque urbano, valoración económica, experimentos de elección, disponibilidad a pagar.

ABSTRACT

The urban tree provides many ecosystem services such as landscape-related, social, recreational, environmental and economic, but these services are currently being affected by urban development in regions as the *Valle de Aburrá*. The perception of value of the urban tree, including its non-use value, depends on which services people find more relevant according to their socio-demographic conditions.

This paper uses choice experiments to determine the non-use values of urban trees in the *Valle de Aburrá*, with a methodology by Aizaki (2012) for the experimental design and a conditional logit for the statistical analysis. 437 surveys were applied to residents of the urban area of the *Valle the Aburrá*, with 5 attributes related to ecosystem services: shade, attraction of wildlife, pollution control, beauty and risk of damage, with their respective levels. The survey also presents a range of possible selection of prices between \$25,000 and \$100,000 COP. The experimental design resulted in 72 pairs of possible combinations, divided into a total of 9 blocks of questions, so each respondent answered only 8 pairs of combinations.

Of the ecosystem services evaluated, the most important for people from highest to lowest were: pollution control, risk of damage, shade, beauty and attraction of wildlife (birds and squirrels). Taking into account the values of the willingness to pay (DAP for its initials in Spanish) the average cost of a tree in the *Valle de Aburrá* ranges from \$21.651 COP to \$221.194 COP. The data suggests that there are differences in the preferences due to gender, income and municipality.

Keywords: ecosystem services, urban Forest, economic valuation, choice experiments, willingness to pay

INTRODUCCIÓN

Los bosques urbanos corresponden a toda zona o área forestal establecida en una ciudad, bien sea de manera natural o antrópica, es decir, “los árboles y zonas arboladas en las ciudades” (Kuchelmeister, 2000). Cuando un bosque urbano es manejado como un buen ecosistema forestal integral, este genera ciertos beneficios a la ciudad y ayuda a mejorar la calidad de vida de los habitantes (Gilman et al., 2006). Entre los beneficios principales que un árbol urbano puede proveer se encuentran la captura de gases contaminantes, retención de partículas, regulación hídrica y del clima, reducción de niveles de ruido, mejoramiento paisajístico, entre otros (Tovar, 2007).

El principal problema que el bosque urbano presenta en la actualidad es su afectación debido al desarrollo infraestructural y urbanístico en las ciudades, y como consecuencia los servicios se pueden perder. Frente a esta situación el Valle de Aburrá no es la excepción.

Con este trabajo se realizó una valoración económica de los árboles en el Valle de Aburrá respecto a los valores de no uso, los cuales se refieren a los beneficios que el medio ambiente le puede proveer al ser humano aunque nunca los haya usado ni los vaya a usar. Esta valoración se hace con el fin de contribuir con el manejo de la arborización urbana y con las políticas de compensación forestal en un mercado económico real. Para determinar dicho valor, se utilizó el método de experimentos de elección mediante la aplicación de 437 encuestas en la zona urbana del Valle de Aburrá.

La encuesta estuvo estructurada en tres secciones: la primera sección sobre preferencias acerca de la presencia o no de arbolado en la ciudad, percepción de las personas sobre ciertos servicios asociados al valor de no uso que puede brindar el árbol urbano y que están ligados a la pregunta base de la segunda sección. Estas preguntas pueden utilizarse como control, para luego comparar y analizar las respuestas respecto a la pregunta base. La segunda sección está conformada por la pregunta base o preguntas de elección, que están directamente relacionadas con la valoración económica. Finalmente, la tercera sección corresponde a preguntas socioeconómicas con el fin de realizar posteriormente un análisis demográfico de la población entrevistada.

Los resultados obtenidos al final de este trabajo por la valoración económica corresponden a la disponibilidad a pagar (DAP) por parte de las personas del Valle de Aburrá, por plantar un árbol cerca de los lugares donde viven, con un pago único en un año.

El trabajo está dividido en cinco capítulos. En el primero se plantea el problema y los objetivos, según el alcance establecido del proyecto. En el segundo capítulo se describe el marco de referencia, en el que se incluyen los servicios ecosistémicos y sus respectivas clasificaciones, el bosque urbano y sus funciones asociadas, la valoración económica con la descripción del valor de uso y de no uso, además del método de experimentos de elección. Además, describe la valoración económica del arbolado urbano en el Valle de Aburrá, donde se incluyen algunos antecedentes de valoración económica como la guía

para el avalúo de árboles en Estados Unidos, la guía de valoración del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, y la evaluación de servicio ecosistémico de remoción de contaminantes atmosféricos por parte del bosque urbano en el Valle de Aburrá.

El tercer capítulo contiene una descripción detallada de la metodología del proyecto, iniciando con la descripción del Valle de Aburrá como zona de estudio, su conformación y distribución poblacional. Luego están definidos los 16 atributos iniciales que fueron asociados a las funciones de los árboles urbanos en el Valle de Aburrá, y los 5 atributos más importantes seleccionados que sirvieron como base para el trabajo, la descripción de dichos atributos con sus respectivos niveles, la formulación y estructura del cuestionario y la aplicación de la encuesta en la zona de estudio, El cuarto capítulo contiene los resultados y discusión, incluyendo las regresiones correspondientes a la DAP agregada de toda la muestra y regresiones segmentadas por género, estratos y municipios. El quinto y último capítulo contiene las conclusiones del proyecto y consideraciones finales.

1 PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los servicios ecosistémicos o servicios ambientales, son *“los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, sean económicos o culturales”* como lo definió la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Estos servicios brindan una mejor calidad de vida y aumentan las comodidades a la población, bien sea de manera directa o indirecta (Onaindia, 2010) Los servicios ecosistémicos pueden estar relacionados con beneficios materiales (como la mejora en la calidad del aire y agua), o no materiales, como beneficios estéticos culturales o espirituales. Estos últimos están relacionados con lo que se considera como valores de no uso tales como sombra, estados de relajación, comodidad, estado de confort, etc., los cuales no presentan un precio de mercado (Phillippe, s. f.).

En particular, el árbol urbano representa un valor muy importante para una ciudad ya que provee servicios ecosistémicos como beneficios paisajísticos, sociales, recreativos, ambientales y económicos para la población, lo que hace que los bosques urbanos sean una pieza fundamental que ayuda a hacer una ciudad más íntegra en todos sus aspectos (Tovar, 2007).

En el orden ambiental, los árboles urbanos ayudan a disminuir la contaminación atmosférica por medio de la captura de los gases contaminantes a través de sus hojas, retienen partículas que puedan causar enfermedades cardiorrespiratorias, regulan el clima de la ciudad mediante el control de la radiación solar, y aumentan la humedad mediante la evotranspiración, lo cual ayuda a aumentar el grado de confort en las personas (Tovar, 2007). Adicionalmente, los árboles son idóneos para la absorción de carbono para la lucha contra el cambio climático – CO₂ es el gas más representativo del efecto invernadero - (González de Canales, 2012), producen oxígeno, sirven como hábitat o lugares de paso para la fauna, mejoran el entorno paisajístico, y actúan como protectores o escudos contra los fuertes vientos (Gilman et al., 2006), entre otros beneficios documentados.

La principal afectación que tienen los árboles urbanos es el desarrollo poblacional acelerado que se ha presentado en la últimas décadas. En Colombia, para el año 2010 se proyectaba una población total de 45,5 millones de habitantes, y se estima según el DANE que Colombia tendrá una población total 51 millones de habitantes en el 2020, lo cual significa que en una sola década la población colombiana estaría creciendo en 5,4 millones de personas (DANE, 2005). Como consecuencias de este crecimiento, se ha aumentado el consumo de combustibles fósiles; generando mayor emisión de gases contaminantes, quema y tala de árboles, además de nuevos usos del suelo, migración de habitantes, aumento de infraestructura, etc (Tovar, 2007), lo que está provocando impactos directos e indirectos sobre los recursos naturales, para este caso en particular, sobre los árboles urbanos y los servicios ecosistémicos brindados a la población.

Las características y condiciones urbanas están limitando progresivamente los recursos para la vegetación; ya que estos están siendo modificados por actividades antropogénicas como la disminución del suministro de agua superficial por la pavimentación y obras de drenaje, contaminación del suelo, aire y agua, reducción espacial del área de raíces y la pérdida o disminución de la materia orgánica del suelo necesaria para el suministro de los nutrientes para las plantas y organismos (Tovar, 2007). Por lo tanto, el árbol urbano va perdiendo progresivamente la capacidad de brindar los servicios ecosistémicos a los habitantes de la ciudad.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) a lo largo de las últimas décadas ha desarrollado políticas ambientales contra el cambio climático partiendo desde la declaración de áreas urbanas protegidas e implementación de sistemas de transporte público amigables con el medio ambiente como el Metro de Medellín, que según su informe de 2013, redujo 190.038 toneladas de CO₂ (ETMVA, 2013), que fueron motivos para que Medellín fuera galardonada como una de las ciudades más innovadoras del mundo adjudicado por *City Bank*, *el Urban Land Institute de Washington* y *The Wall Street Journal*. (Catorce6, 2013) Además, actualmente la construcción de grandes proyectos como Parques del Río, El Cinturón Verde Metropolitano y El Jardín Circunvalar de Medellín ayudarán a reducir los niveles de contaminación en el Valle de Aburrá aún más. Pero existe un problema, y es conocer el grado con el que las personas perciben los beneficios del árbol urbano, es decir, la importancia que éstas le dan a los servicios ecosistémicos, interpretando esta percepción como una forma de evaluar los servicios asociados al bosque urbano.

Los servicios ecosistémicos se logran cuantificar económicamente mediante el cálculo del valor económico total compuesto por lo que se denomina valores de uso, que representan los beneficios que resultan del uso o aprovechamiento de un recurso que generalmente tiene un mercado asociado, y los valores de no uso, que representan los beneficios que no tienen un precio relacionado a un mercado económico y se basa en aspectos éticos, culturales, recreación de las personas, etc (Castiblanco, 2013). El primer valor se puede encontrar mediante las ecuaciones de compensación utilizadas por el AMVA, métodos directos como el precio de la madera o uso de software como i-Tree; pero para el segundo tipo de valor se requieren técnicas de economía ambiental como valoración contingente o experimentos de elección.

A pesar de la importancia y de los beneficios suministrados por el árbol urbano para la sociedad y el medio ambiente, estos están siendo afectados por el desarrollo urbanístico en el Valle de Aburrá, provocando pérdidas en los servicios ecosistémicos incluyendo los asociados a los valores de no uso. Por lo tanto, se requiere encontrar el valor del árbol urbano en el Valle de Aburrá a través de la valoración económica de los valores de no uso, con el fin de contribuir con el manejo de la arborización urbana y con las políticas de compensación forestal en el marco de un mercado económico real.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General

Determinar la disponibilidad a pagar (DAP) de los habitantes del Valle de Aburrá por los valores de no uso del árbol urbano mediante la aplicación de experimentos de elección.

Objetivos Específicos

- Determinar los atributos del bosque urbano en el Valle de Aburrá que se deseen valorar.
- Aplicar una encuesta diseñada bajo el método de experimentos de elección según los atributos elegidos.
- Analizar los datos arrojados por la encuesta para la determinación de la DAP, según las características demográficas de la muestra.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos, también llamados servicios ambientales, son “*los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, sean económicos o culturales*” como lo definió La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés) (2005); lo cuales ayudan a mantener la calidad de vida de las personas, bien sea de manera directa o indirecta (Onaindia, 2010).

Los servicios ecosistémicos son clasificados como directos o indirectos

Figura 1. Dentro de los directos se encuentran los servicios de regulación o aquellos beneficios brindados por la naturaleza sin pasar por algún proceso de transformación como la regulación del aire, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos, la prevención y regulación de enfermedades, y la polinización, entre otros (Corredor, Fonseca, & Páez, 2012).

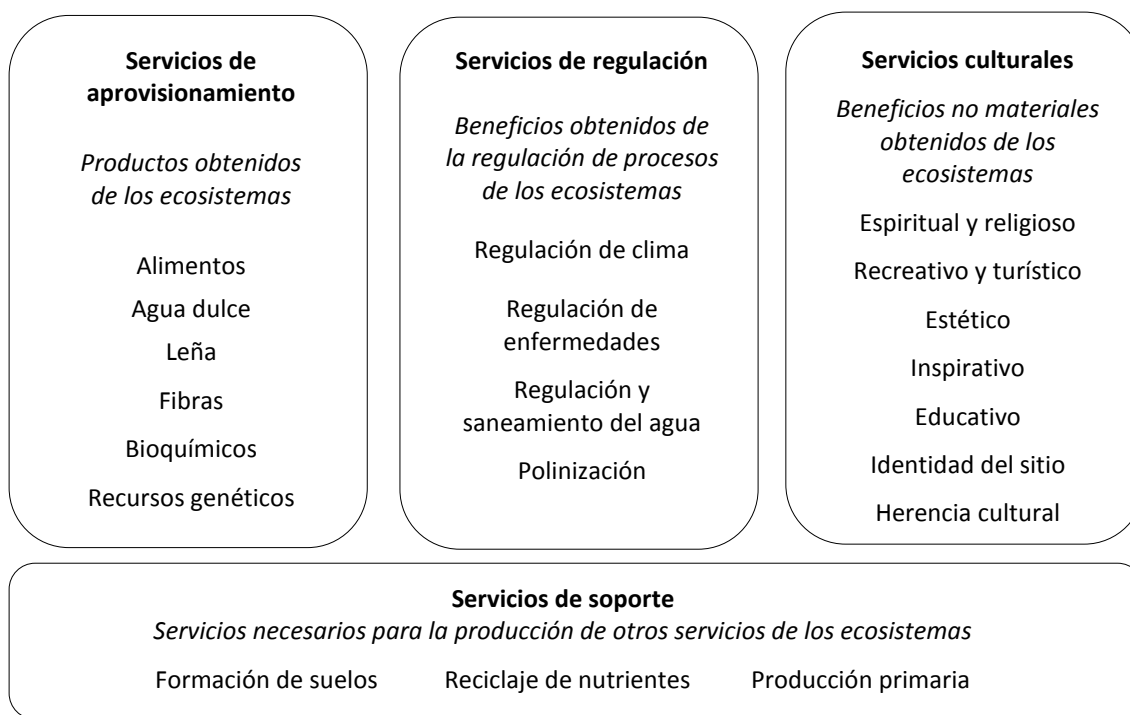


Figura 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos (Camacho & Ruiz, 2012)

También dentro de los servicios directos se encuentran los servicios de aprovisionamiento, que corresponden a los productos que se obtienen a través de los ecosistemas: alimentos, agua potable, madera, recursos energéticos, entre otros (Camacho & Ruiz, 2012).

Por otro lado, los servicios indirectos se clasifican en servicios de apoyo y servicios culturales. Los de apoyo corresponden a aquellos que ayudan a la producción de otros servicios ecosistémicos como la producción de oxígeno, la formación de suelos, el reciclaje de nutrientes, la producción primaria, etc. Los servicios culturales son los beneficios no materiales sino espirituales y religiosos, recreativos, educativos, estéticos, de herencia cultural, turísticos, entre otros (Camacho & Ruiz, 2012). En la

Figura 1, se describen los tipos de servicios ecosistémicos mencionados con algunos ejemplos característicos.

Los principales impactos que el ser humano le ha hecho a los ecosistemas han surgido como consecuencia de intentar satisfacer las necesidades para la vida como el agua, madera, alimentos, combustibles, etc. (Reid et al., 2003). En la Figura 2, se observa el flujo de necesidades humanas relacionado con los servicios que el medio ambiente puede proveer; es decir la relación planteada por el MEA entre las políticas de conservación tradicional y las necesidades sociales y los servicios ecosistémicos.

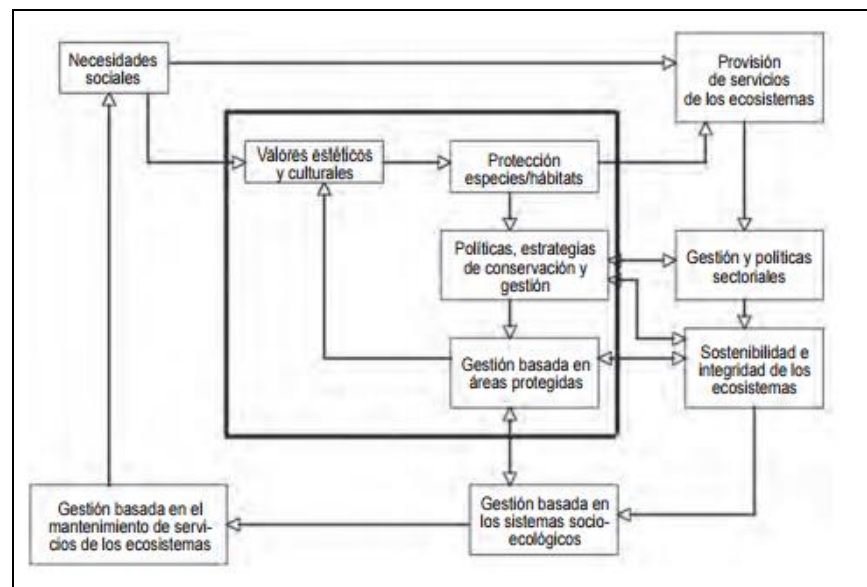


Figura 2. Esquema de actuaciones para una estrategia para la conservación de la biodiversidad y los recursos (Onaindia, 2010)

2.2 BOSQUE URBANO

Los bosques urbanos son “toda zona forestal influida por la población urbana, es decir a los árboles y zonas arboladas en las ciudades” (Kuchelmeister, 2000, pag. 50). Cuando un bosque urbano es manejado como un buen ecosistema forestal integral, este genera ciertos beneficios a la ciudad y ayuda a mejorar la calidad de vida de los habitantes (Gilman et al., 2006), mediante la disminución de los niveles de ruido, absorción de radiación solar, disminución de la temperatura en las zonas urbanas, reducción del agua de escorrentía lo que provoca menor probabilidad de ocurrencia de inundaciones, disminución del consumo de energía, entre otros (Woodland Trust, 2010)

Según Gooding y demás autores (2000), las funciones de los árboles urbanos radican en cuatro sectores principalmente: ingeniería, arquitectura, estética y control climático, como se puede observar en la Tabla 1 (Gooding et al., 2000).

Tabla 1. Usos funcionales de los árboles urbanos. Traducido y adaptado de (Gooding et al., 2000)

Sectores	Usos funcionales
Ingeniería	Control acústico
	Aire acondicionado
	Control de tráfico
	Control de erosión
Arquitectónico	Articuladores del espacio
	Ocultar vistas objetables
	Despliegue gradual de un punto de vista
	Control de privacidad
Estético	Trae elementos naturales en un entorno urbano
	Atracción de pájaros o animales
	Paisajístico
	Decorativos de estructuras
Control climático	Control de viento
	Control solar - sombra
	Precipitación y humedad
	Temperatura

2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

La valoración económica es una herramienta para la “*asignación de un valor*” económico a los bienes y servicios brindados por el medio ambiente sin importar que estén o no en un mercado real (Gómez, 2003, citado de Acreman y Knowler 1997). Desde otro punto de vista, la valoración es un mecanismo que logra establecer las pérdidas y ganancias económicas de la sociedad por la protección, restauración y conservación del medio ambiente, o los costos por la transformación y deterioro de los recursos naturales (Castiblanco, 2013). Esta valoración se logra alcanzar mediante el conocimiento de la

disponibilidad a pagar (DAP) de las personas de manera individual para obtener dichos beneficios ambientales, o la disponibilidad a aceptar para evitar los costos ambientales asociados al deterioro de los recursos (Osorio & Correa, 2004, citado de Pearce 1993).

La disponibilidad a pagar es el valor máximo a pagar que tienen las personas de manera individual por el cambio en el estado de un recurso natural, bien sea en la calidad o cantidad del recurso en particular (Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003). La DAP presenta la siguiente ecuación:

$$DAP = e(P, q_0, U_0) - e(P, q_1, U_0)$$

Donde la P es el vector de precios de los bienes ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), q_0 es el estado inicial del bien o recurso, q_1 es el estado final del bien o recurso, U_0 es el nivel de utilidad inicial

2.3.1 Valor económico total (VET)

El VET, tiene en cuenta que *“cualquier bien o servicio ecosistémico puede estar compuesto por diferentes valores”*, los cuales pueden ser fácilmente medibles (tangibles) y otros no tan fáciles de cuantificar (intangibles); siendo estos valores de uso (VU) y valores de no uso (VNU) respectivamente (Ministerio de Medio Ambiente [Perú], 2015).

Valor de uso

El valor de uso (VU), representa los beneficios que resultan del uso o aprovechamiento de un recurso, que generalmente tiene un mercado asociado (Castiblanco, s. f.). Este valor relaciona el ser humano con el medio ambiente o recurso natural por medio del aprovechamiento directo del recurso (valores de uso directo). El recurso también puede ayudar a las actividades económicas y al desarrollo mismo de las personas (valores de uso indirecto) (Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).

Algunos de los valores de uso directo más comunes son el valor de la madera, la pesca, el consumo de agua potable, transporte, turismo, recreación, entre otros, es decir los bienes y servicios que las personas consumen directamente. En cambio, los valores de uso indirecto son los derivados de funciones ecológicas indirectas como procesos biológicos, bioquímicos, geofísicos, globales, depósitos de carbón, nutrientes y materia orgánica, retención de sedimentos, etc. (Castiblanco, 2013).

Existe un tercer valor de uso denominado valor de opción (VO), comúnmente considerado como de no uso, que representa la disponibilidad a pagar de las personas por el uso directo o indirecto del medio ambiente o un recurso en un futuro pero que actualmente no se está utilizando. El valor de opción presenta una característica muy importante dado que las personas expresan una DAP según sus necesidades, pero hay un alto grado de incertidumbre, porque en el tiempo puede que los bienes o recursos ya no se encuentren disponibles (Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).

Valor de no uso

Los valores de no uso (VNU) se derivan de los beneficios que el medio ambiente le puede proveer al ser humano pero contrario a los valores de uso, no requieren un uso directo o indirecto por parte de las personas (Tomasini, 2015). Los valores de no uso están relacionados con patrones tradicionales y culturales de las personas, lo que en muchas situaciones resulta en un aumento o disminución de la DAP. También, las personas pueden desarrollar vínculos con los recursos naturales, lo que hace que se generen sentimientos hacia ellos que provoca que los quieran proteger y conservar en un futuro cercano.

Los valores de no uso se suelen clasificar en valor de existencia y valor de legado. El valor de existencia (VE), según el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, es el valor que representa la DAP de los no usuarios por la protección y conservación de los recursos naturales y no está ligado con el valor actual o futuro de los recursos naturales en estudio, sino que está estrechamente relacionado con un “*motivo altruista*” (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003, citado de Freeman 1993). Los ejemplos más conocidos son los hábitats y especies en peligro de extinción, paisajes estéticos, especies simbólicas, entre otros.

El segundo valor, es el llamado valor de legado (VL) también conocido como el valor de herencia. Este VL hace que las personas tengan una DAP porque consideran que deben dejar beneficios tanto de uso como de no uso a las generaciones futuras, mediante la conservación del medio ambiente, como la conservación de la biodiversidad y ecosistemas (Castiblanco, 2013).

2.3.2 Método de experimentos de elección

Los experimentos de elección (EE) están basados en la teoría propuesta por McFadden en 1973 fundamentado en que todo bien presenta una utilidad asociada, la cual se puede descomponer en un “*componente observable*” que es función de ciertos atributos y características propias de una persona, y en un “*componente no observable*” denominado error (Cerdeña, 2011).

A diferencia del método de valoración contingente, los EE no solo tienen el objetivo de encontrar la DAP de las personas por la totalidad del bien o servicio, sino también el valor individual de los atributos que tiene el bien, por lo que se requiere preguntar a las personas presentándoles diferentes opciones a elegir (Espinal & Gómez, 2011).

Los EE se desarrollan mediante varias etapas: Lo primero que se recomienda es establecer detalladamente el problema, respecto a las políticas definidas. En un segundo paso el autor debe identificar y seleccionar los niveles y atributos del estudio, con esto lo que se busca es que el encuestado logre expresar su opinión y preferencias acerca de un bien o recurso, variando las condiciones de atributos de un estado actual (*statu quo*) a otro pero con modificaciones según el estudio a realizar, dándole diferentes valores a los atributos (niveles) (Cerdeña, 2011, citado de Heshner, Rose & Greene 2005).

Aizaki (2012) define los términos característicos de este campo de estudio: un **atributo** es una “*característica o rasgo de una alternativa*”, el **nivel de atributo** representa “*el valor de un atributo*”, aclarando que cualquier atributo puede tener dos o más niveles. Una **alternativa (i)** el autor la define como la “*combinación de atributos*”; es decir que una alternativa puede tener dos o más atributos. Un **conjunto de elección (C)** como “*alternativas a disposición de los individuos*”, conteniendo 2 o más alternativas. Un ejemplo de cómo queda una combinación de atributos y sus respectivos niveles en un conjunto de elección se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplo de diseño de experimentos de elección. Traducido y adaptado de (Aizaki, 2012)

Q1. Por favor seleccione su alternativa más preferida de las siguientes		
	Alternativa 1	Alternativa 2
Atributo A	a2	a3
Atributo B	b2	b3
Atributo C	c2	c3
1. Yo selecciono la alternativa 1		
2. Yo selecciono la alternativa 2		
3. Yo selecciono la alternativa 3		
Q2. Por favor seleccione su alternativa más preferida de las siguientes		
	Alternativa 1	Alternativa 2
Atributo A	a2	a1
Atributo B	b3	b2
Atributo C	c1	c3
1. Yo selecciono la alternativa 1		
2. Yo selecciono la alternativa 2		
3. Yo selecciono la alternativa 3		
Q3. Por favor seleccione su alternativa más preferida de las siguientes		
	Alternativa 1	Alternativa 2
Atributo A	a3	a2
Atributo B	b2	b2
Atributo C	c1	c2
1. Yo selecciono la alternativa 1		
2. Yo selecciono la alternativa 2		
3. Yo selecciono la alternativa 3		

Espinal y Gómez (2011) explican que la fundamentación teórica de EE está basada en la respuesta de los individuos (q), la alternativa (i), el conjunto de elección (C) y (V) como función de utilidad indirecta del individuo.

$$V(i) > V(j), i \neq j; i, j \in C$$

La persona que está investigando no conoce la función V , sino que logra conocer la función observada v ; por lo tanto, la diferencia entre dichas funciones está dada por un error (ε), el cual no es observable ni aleatorio (Espinal & Gómez, 2011).

$$V(S_i) = v(S_i) + \varepsilon_i$$

Donde, S_i es el vector de atributos o características que definen la alternativa i .

Dado lo anterior, se tiene que la probabilidad de elegir una alternativa i dentro de un conjunto C ; se expresa mediante:

$$\Pr(i/C) = \Pr\{V(S_i) > V(S_j), i, j \in C, i \neq j\}$$

$$\Pr\{v(S_i) + \varepsilon_i > v(S_j) + \varepsilon_j\}$$

$$\Pr\{v(S_i) - v(S_j) > (\varepsilon_j - \varepsilon_i)\}$$

El modelo lineal se logra estimar mediante la importancia relativa de los atributos categóricos.

$$v_i = \beta' S_q + \gamma' (y P_i)$$

Siendo β “el vector de coeficientes de utilidad asociado con el vector S de atributos. γ es el coeficiente asociado al atributo precio P , mientras y es la renta del individuo q ”. Como consecuencia, la probabilidad de elegir una alternativa específica de un conjunto C es (Espinal & Gómez 2011):

$$\Pr(i/C) = \Pr\{(\beta' S_{iq} + \gamma' (y_q - P) + \varepsilon_{iq}) > (\beta' S_{jq} + \gamma' (y_j - P) + \varepsilon_{jq})\}$$

2.4 ANTECEDENTES EN VALORACIÓN ECONÓMICA DE BOSQUE URBANO

2.4.1 Guía para avalúo de árboles en Estados Unidos

The Guide for plant appraisal fue elaborado por *the Council of Tree and Landscape Appraisers (CTLA)* en Estados Unidos. Esta guía avalúa las plantas de manera

profesional mediante la inclusión de algunos factores que influyen en su valor como el tamaño, especie, condición y ubicación de las plantas. A su vez, esta guía hace referencia a las transacciones de bienes y raíces, inventarios de árboles, entre otros (Gooding et al., 2000).

Algunas funciones de las plantas como el proceso de la fotosíntesis, interacción con otros organismos y sus contribuciones espirituales son muy importantes para los seres humanos; el problema según los autores de la guía es que esos atributos son difíciles de medir o cuantificar económicamente. Como se observa en la Tabla 1, los beneficios de árboles o plantas en la ciudad contribuyen en gran medida a mejorar la calidad de las personas y a mejorar los valores de las propiedades. La guía, ayuda a obtener un valor económico creíble y aceptable, como resultado de la evaluación monetaria de las plantas (Gooding et al., 2000).

El procedimiento para la evaluación de plantas consiste en el análisis, recolección de información, aplicación de métodos, conclusiones y finalmente recomendaciones. Hay que tener en cuenta que la ausencia de documentos puede limitar el desarrollo de la investigación; además se recomienda que el investigador constantemente tome notas en campo y fotografías, con el fin de obtener todo el material necesario para conocer de la mano las condiciones actuales de las plantas y su entorno que contribuyan mejorar la investigación (Gooding et al., 2000).

A la hora de realizar una evaluación económica de las plantas, hay que tener muy en cuenta que el propósito del estudio es definido por la necesidad o preguntas de los clientes. Para esto, las investigaciones se basan en 3 enfoques: Costo, ingresos y mercado. El **enfoque de costos** está basado en la suposición o premisa de que el valor de una propiedad o un bien puede ser obtenido mediante la suma del valor actual del suelo más el valor aproximado de la infraestructura y las mejoras que se tengan. Aquí, al momento de reparar o reemplazar las plantas que puedan cambiar elementos del paisaje en términos de condición, ubicación y especies se puede añadir el valor de la tierra, con el fin de alcanzar el valor total de la propiedad (Montoya, Martín, Louit, Montes, & Lomas, 2015).

El **enfoque de ingresos** es usado para tasar la propiedad de renta, mediante la medición del valor presente de la propiedad respecto futuros beneficios que pueda presentar dicha propiedad. La fórmula base de este enfoque es:

$$\text{Ingresos Anuales} / \text{Tasa de Retorno} = \text{Valor}$$

Por último, el **enfoque de mercado** está basado en la venta de propiedades, donde se realiza una comparación de precios entre propiedades que se puedan comparar; con el fin de lograr tener un precio estimado de la propiedad. En general, la especie, condición, tamaño y ubicación, son factores que afectan a cada uno de los enfoques y la evaluación como tal (Gooding et al., 2000).

Teniendo en cuenta todos los enfoques y variables utilizadas, el *CTLA* utiliza la siguiente fórmula para encontrar el valor el avalúo de los árboles (Gooding et al., 2000):

$$V = RC + ((BP \times (ATA - ATr)) \times SR \times CR \times LR$$

Donde,

RC: Costo de reposición para el árbol trasplantable más grande que un vivero pueda proporcionar en el área.

BP: Precio base por pulgada cuadrada de un árbol en dólares (varía según el estado).

ATA: Valor ajustado del valor del tronco.

ATr: Valor ajustado de reposición del tronco

SR: Valor de especies según su clasificación.

CR: Valor de condición según su clasificación.

LR: Valor de ubicación del árbol.

2.4.2 Guía del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

El Área Metropolitana en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), realizó el proyecto denominado “*Valoración Ecológica, Económica y Social de las Áreas Verdes Asociadas a una Red de Conectividad Ecológica, como Base para el Manejo y Gestión de la Red Ecológica en el área Metropolitana del Valle de Aburrá*”, durante un periodo de un año (2007 – 2008). El objetivo principal fue obtener una caracterización biótica, valoración social y económica de ciertas áreas definidas por el Plan Maestro de Espacios Públicos Verdes Urbanos (PMEDPVU) pertenecientes a la red ecológica del territorio, como parte para el mejoramiento y manejo de la red ecológica del Valle de Aburrá (UNALMED - AMVA, 2009).

Dichos espacios estudiados fueron en los barrios: San Lucas, Los Balsos N°1, Los Balsos N°2, El Castillo, El Diamante, Santa María de los Ángeles, La Aguacatala, Guayabal, Cristo Rey, La Colina, El Rodeo, La Mota, El Rincón y La Hondonada y algunos sectores de los corregimientos Santa Elena en el oriente (Vereda las Palmas) y la vereda San José de Manzanillo. Estos espacios son los que denominaron para fines de estudio como Corredor Aguacatala – Belén Rincón (UNALMED - AMVA, 2009).

El proyecto planteado por el AMVA y la UNAL fue enmarcado en la conservación e incremento de los espacios públicos verdes en la zona de estudio; a través del mantenimiento de los espacios verdes actuales en un 100% y el aumento en un 62% estas zonas verdes actuales. Para el cumplimiento de estos dos objetivos tendrían que limpiar los cauces y espacios verdes, cortes de grama, fertilizar algunos terrenos para la siembra de especies y compra de lotes para garantizar el corredor ecológico y llegar al 62% más de zonas verdes en los siguientes 4 años. El costo del proyecto fue calculado por un valor total de \$52.078'515.595, donde se distribuiría de acuerdo a lo siguiente: Municipio de Medellín 65%, el AMVA 25% y la ciudadanía con un aporte final del 10%.

Para que las personas pagaran el 10% se determinó que fuera por aportes voluntarios (trimestralmente) mediante el impuesto predial o bono por vivienda.

Inicialmente la caracterización ambiental del corredor se realizó mediante la identificación de la dimensión física (orográfica e hídrica) describiendo cada una de las microcuencas asociadas al corredor. En la dimensión biótica, se estimó los espacios verdes, la conectividad espacial entre las áreas verdes del corredor, la caracterización de la flora y fauna. A su vez, se estudió las dimensiones cultural, económica y política (UNALMED - AMVA, 2009).

También se realizó la valoración económica de los espacios verdes del Corredor Aguacatala-Belén Rincón. Para esta valoración se empleó el método de valoración contingente por ser un mecanismo directo en el que se logra tomar las respuestas de las personas de manera explícita respecto a la DAP; adicionalmente se eligió el método porque permite encontrar valores de no uso (culturales, patrimoniales, generacionales, entre otros) y por la facilidad y simplicidad en la aplicación del método y posterior análisis de resultados (UNALMED - AMVA, 2009).

En la planificación de la encuesta se determinó que la mejor población objetivo era las viviendas como directos beneficiarios de los servicios ecosistémicos. Para lograr una credibilidad en la formulación de la encuesta se simuló un mercado, donde reflejara inicialmente la disposición a pagar (o aceptar) de las personas por los servicios ambientales y a su vez, los planteamientos de desarrollo a largo plazo por el municipio de Medellín. Respecto a la aplicación de las encuestas, se determinó que era más idóneo hacerlas personalmente; con el fin de buscar una mayor calidad en las respuestas de los encuestados (UNALMED - AMVA, 2009).

Se realizaron dos pruebas piloto y pruebas con grupos focales con el fin de corregir aspectos técnicos, de diseño y la formulación de la pregunta de la DAP y así disminuir los sesgos asociados a la encuesta. Posteriormente, se conformó un grupo para capacitar a los encuestadores respecto al tema de estudio, modo de hacer las preguntas y la forma de actuar si se presentara alguna eventualidad al momento del desarrollo de la encuesta. Para el procesamiento de la información recolectada, los autores usaron dos modelos: Probit y Logit; con el fin de encontrar la disponibilidad a pagar de las personas (UNALMED - AMVA, 2009).

Encuestas piloto 1 y 2

El desarrollo del procedimiento de la aplicación de las encuestas se basó en 3 etapas: la primera en encontrar un valor medio de la DAP a través de formularios con respuesta abierta. Una segunda etapa con el fin de encontrar los percentiles de los vectores de pagos arrojados en la etapa 1, para establecer los vectores de pagos finales. En la última etapa se implementó el modelo final a partir de los análisis de los diferentes modelos (UNALMED - AMVA, 2009).

El AMVA y la UNAL de Medellín encontraron que había mayor probabilidad de que las personas pagaran por el proyecto cuando el pago hipotético a pagar fuera de \$20.000

COP, una variación de este monto disminuía la probabilidad a pagar. El 43% de los encuestados dijeron que la mejor manera de sustituir el pago era a través de la mano de obra de las mismas comunidades, y por otro lado otra manera era donar ellos mismos los árboles necesarios para el desarrollo del proyecto. En el posterior análisis del DAP basada en la información socioeconómica, se encontró que a medida que el estrato socioeconómico aumenta, paralelamente aumenta la probabilidad de disposición a pagar, por ejemplo el estrato 5 tuvo la probabilidad del 50% para realizar el pago, pero para las personas con estrato 2, la probabilidad de pagar solo fue el 18%. A sí mismo se encontró que los hombres presentaron mayor disponibilidad a pagar que las mujeres (UNALMED - AMVA, 2009).

Por otro lado, el nivel de ingresos de las personas influyó mucho en la disponibilidad a pagar. Los encuestados con un promedio de ingresos inferiores a \$900.000 COP se negaron a pagar dicho valor. Como última conclusión, si el proyecto planteado se llevara a cabo, con la participación de las autoridades ambientales y municipales, la comunidad tendría una percepción muy buena del proyecto por sus beneficios asociados; y el monto acumulado en el tiempo sería de \$13.609'987.680, por el mantenimiento de áreas correspondientes a espacio público verde y fertilización de todos los árboles inventariados en la zona de estudio (UNALMED - AMVA, 2009).

2.4.3 Evaluación del servicio ecosistémico de remoción de contaminantes atmosféricos por parte del bosque urbano en sitios piloto del Valle de Aburrá

Otro estudio respecto a la valoración de arbolado urbano en el Valle de Aburrá fue desarrollado por Camila Argoty y Valeria Mesa en el año 2014. Las autoras encontraron que a la fecha no habían estudios o métodos que tuviesen en cuenta a la vez una cuantificación y valoración económica del servicio ecosistémico relacionado con la remoción de contaminantes por el bosque urbano. Para el desarrollo del proyecto, Argoty y Mesa se basaron en el modelo i -Tree originario de Estados Unidos; por lo cual tuvieron que adaptar ciertas condiciones para la correcta aplicación del modelo en el área base de estudio (Argoty & Meza, 2014).

Con el fin de determinar inicialmente la capacidad que tenían las especies arbóreas para la remoción de los contaminantes, se seleccionaron algunos sitios piloto con presencia de árboles o arbustos que tuvieran algunas características: parques municipales o barriales, cercanía a estaciones meteorológicas y de calidad de aire (Sistema de alerta temprana del Valle de Aburrá- SIATA y Red de vigilancia de la calidad del aire – REDAIRE). Dado lo anterior y por la cantidad de información existente, el proyecto tuvo como lugares bases al parque de Itagüí, el parque del Poblado en Medellín y el parque de Bello. Una vez acotados los lugares de estudio, construyeron una base de datos a través de imágenes satelitales y trabajo en campo con individuos que cumplieran las medidas para poder ser catalogados como árboles o arbustos; esta base de datos les arrojó que un total de 129 individuos pertenecientes a 39 especies. (Argoty & Meza, 2014).

Posteriormente, Argoty & Meza (2014) completaron la base de datos con información existente en la literatura y en el Catálogo de flora del Valle de Aburrá (Arroyave, Posada,

& Gutiérrez, 2014) como: nombre científico, familia, tasa de crecimiento, longevidad, entre otros. La información recopilada fue enviada al USDA *Forest Service*. Análisis posteriores de esta información, determinaron que en los 3 sitios, las especies de poca altura o diámetro a la altura del pecho tenían una menor capacidad de remoción y captura de CO₂. También encontraron que las especies con longevidad superior a los 60 años y tasa de crecimiento rápido, tienen mayor capacidad de remoción de contaminantes. Como conclusión de esta primera etapa, las especies con mayor potencial de remoción de contaminantes fueron: falso laurel (*Ficus elastica*), mango (*Mangifera indica*) y chiminango (*Pithecellobium dulce*) (Argoty & Meza, 2014).

En la segunda etapa del proyecto, las autoras estimaron la remoción de contaminantes atmosféricos del arbolado urbano en los 3 parques. Para cada una de las especies el modelo requirió información como: diámetro a la altura del pecho, altura total, exposición de la luz a la copa, porcentaje de pérdida (% de la copa que le está faltando al individuo) entre otros; concluyendo que el parque con mayor potencialidad para la remoción de contaminantes en el del Poblado, como consecuencia que presentaba las especies con DAP superior a 60 cm. Posterior a esto, Argoty & Meza (2014) utilizaron para el cálculo de la biomasa la Ecuación 1, siendo Bt: biomasa total (kg), DAP: diámetro a la altura del pecho (cm), y encontraron que en los 3 parques había almacenado un total 268.610 kgCO₂ y captura al año 1.231,58 kg de carbono como se observa en la Tabla 3 (Argoty & Meza, 2014).

$$\ln(Bt) = -2,286 + 2,471 \ln(DAP) \quad \text{Ecuación 1}$$

Tabla 3. Biomasa total y almacenamiento de CO₂ (Argoty & Meza, 2014)

<i>Nombre del parque</i>	<i>Captura CO₂ (Kg/año)</i>	<i>CO₂ total almacenado (Kg)</i>
Itagüí	421,63	99,945
El Poblado	546,26	116.203
Bello	263,68	52.461

Respecto a la información de calidad del aire y meteorológica necesaria para i-Tree, solicitaron registros horarios de CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} y NO₂ para el parque de Itagüí. Para el parque de El Poblado información de NO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5} y precipitación. Y para el parque de Bello, solo los registros horarios de NO₂, O₃ y PM₁₀. Finalmente, luego del envío de la toda la información pertinente para el procesamiento de los datos en el modelo al *Servicio Forestal*, las autoras concluyen que el parque de Itagüí fue el que mayor removi6 con 3,350014 gramos (CO, NO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5}), el parque de El Poblado removi6 4,94671E-06 toneladas (NO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5}) y el parque de Bello removi6 9,54499E-07 toneladas (NO₂, O₃ y PM₁₀) (Argoty & Meza, 2014)

La tercera y 6ltima parte del proyecto fue destinada a la valoraci6n econ6mica del arbolado de los tres parques de estudio, donde obtuvieron: el valor estructural, valor de captura de CO₂, y el valor de la remoci6n de contaminantes. Para el valor de captura de carbono, las autoras buscaron los precios de bonos de emisiones de carbono (proyectos voluntarios) y proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) en el pa6s, y

decidieron utilizar BANCO₂ perteneciente a Cornare como estrategia de pagos por servicios ambientales. Para el año 2014, este proyecto vendía una tonelada de CO₂ a un precio de \$8.000; con este valor y los valores individuales por especie de la Tabla 3 (CO₂ total almacenado), determinaron un total del valor por captura de CO₂ de \$ 9.762 COP, además, se encuentra el valor estructural como se puede apreciar en la Tabla 4 (Argoty & Meza, 2014).

Finalmente, el último valor encontrado por Argoty & Meza (2014) fue el valor de la remoción de contaminantes atmosféricos; para tal motivo como i-Tree asocia este valor con el costo de las afectaciones a la salud por contaminación, las autoras estimularon la relación más adecuada, y la más actual para Colombia entre los valores de vida de ambos países (Colombia y Estados Unidos). Con la obtención de estos valores, calcularon un factor multiplicador con los valores del modelo, dando como resultado el valor total de remoción de los contaminantes como se muestra en la Tabla 4. (Argoty & Meza, 2014).

Tabla 4. Resultados remoción de contaminantes

<i>Nombre del parque</i>	<i>Valor total por captura de CO₂ (COP)</i>	<i>Valor estructural (COP)</i>	<i>Valor total de remoción por contaminación</i>
Itagüí	\$3.373	\$188.398.032	\$0.004102182
El Poblado	\$4.370	\$207.886.213	\$0.00593930
Bello	\$2.019	\$93.881.555	\$0.001220

En el cálculo del valor estructural de Argoty & Meza (2014), usaron la ecuación 2 la cual fue un modelo validado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en el año 2007 (Hoyos, 2013); para la valoración de un árbol en el Valle de Aburrá.

$$T = -131.277 + 76.623,9 * DAP + 62.574,9 * AIEP + 12.058,2 * APE \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde T: Valor estructural, DAP: Diámetro a la altura del pecho, AIEP: Aptitud del individuo dentro del espacio público verde, y, APE: Aporte paisajístico del individuo a su entorno.

3 METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se realizó en el Valle de Aburrá, implementando el método de experimentos de elección. Mediante la formulación y aplicación de encuestas a la ciudadanía, se conoció la percepción de las personas y se realizó una posterior valoración económica respecto a los árboles y arbustos de las zonas urbanas.

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá tiene una longitud aproximada de 60 km, dividido en 2 tramos: El primero de sur a norte con 30 km, y el segundo va desde el oriente al noreste abarcando 35 km de largo. Este territorio del Departamento de Antioquia está conformado por diez municipios, iniciando por Medellín que es la capital del departamento, los 9 restantes son: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Itagüí, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado; siendo este último vinculado recientemente (Universidad de Antioquia, 2012).

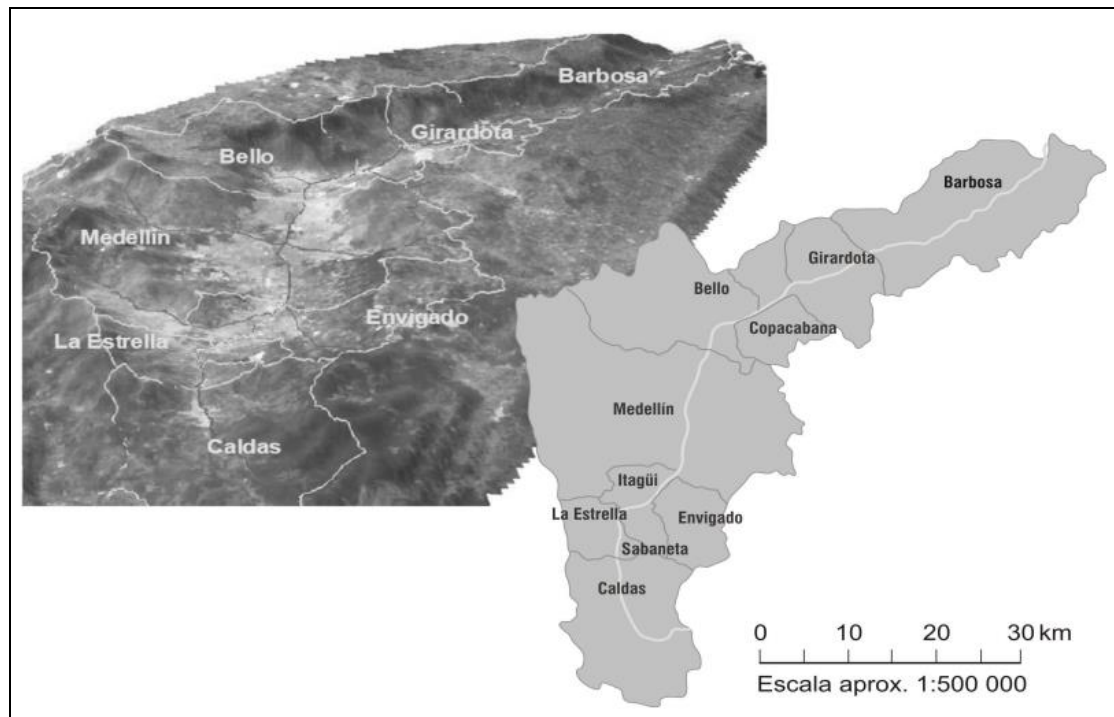


Figura 3. Mapa del Valle de Aburrá (Hermelin, 2007).

La población se encuentra mayoritariamente en la capital del Departamento, es decir en el Municipio de Medellín, con aproximadamente 2.223.660 habitantes como se puede observar en la Tabla 5. Es en esta ciudad donde se ubican los centros administrativos e industrias importantes de Antioquia. Luego de Medellín, los municipios con mayor número de población son Bello con 373.013 e Itagüí con 231.768 habitantes.

Tabla 5. Distribución poblacional del Valle de Aburrá. Tomado y adaptado de (AMVA, 2016)

Municipio	Población (AMVA, 2016)	Porcentaje
Medellín	2.223.660	67%
Barbosa	42.546	1%
Girardota	42.830	1%
Copacabana	61.421	2%
Bello	373.013	11%
Itagüí	231.768	7%
Envigado	175.373	5%
Sabaneta	44.874	1%
La Estrella	52.763	2%
Caldas	68.157	2%
Total	3.316.405	100%

El Valle de Aburrá cuenta con varias zonas verdes clasificadas como nodos importantes para la conectividad ecológica de la región, entre ellos están el Cerro el Volador ubicado en el Municipio de Medellín, además el Cerro Nutibara y la Asomadera que representan el 9.5% del espacio público verde urbano. A su vez, hay otras zonas que por su tamaño no son catalogados como nodos importantes, sino como fragmentos importantes por su forma y tamaño, pero que igualmente aportan a las zonas verdes del Valle de Aburrá como el parque Tulio Ospina en el Municipio de Bello, el parque Juan Pablo II, el Cerro Santo Domingo en Medellín y el retiro del río Aburrá en el Municipio de Copacabana. (AMVA, 2007).

Las áreas asociadas a la red ecológica que corresponden a cada Municipio del Valle de Aburrá se encuentran ilustradas en la Figura 4, así mismo, la distribución espacial de los nodos, fragmentos y enlaces potenciales a las zonas verdes del Área Metropolitana se observan en la Tabla 6.

Tabla 6. Superficie en suelo verde según la red ecológica urbana (AMVA, 2007).

Municipio	Superficie en Suelo Verde (ha)			Superficie Total
	Nodo Potencial	Fragmento Potencial	Enlace Potencial	
Medellín	282.98	151.63	676.29	1110.90
Bello	9.70	12.49	373.50	395.68
Itagüí	12.72	8.15	18.31	39.18
Barbosa	0.90	1.98	0.65	3.53
Caldas	4.89	2.56	1.93	9.38
Copacabana	2.29	0.74	29.78	32.81
Girardota	3.09	0.70	6.46	10.25
La Estrella	5.30	3.26	5.46	14.01
Sabaneta	23.55	3.70	4.80	32.05
Región Metropolitana	345.43	185.19	1117.17	1647.79

Dadas las características geomorfológicas, el comportamiento y distribución de los sistemas de recursos hídricos con que cuenta el Valle de Aburrá, la red o corredores ecológicos están asociados principalmente a los retiros de las quebradas, que son interrumpidos por obras físicas, perjudicando la continuidad natural de estas áreas (AMVA, 2007).

Lo anterior también se debe a que tradicionalmente en el Valle de Aburrá, especialmente en Medellín, el desarrollo infraestructural tiende hacia las laderas, lo que ha generado que los espacios en las zonas con menores pendientes, sean maximizados para las edificaciones y asociados con la red vial a lo largo de la región como se logra observar en la Figura 5.

En el mismo mapa de cobertura del suelo del Valle de Aburrá en la Figura 5, se observa como dentro de la zona urbana a medida que ésta va disminuyendo, los árboles y arbustos predominan en la región; los cuales ayudan a controlar aspectos como la erosión, temperatura y reducción de contaminación, y propician la atracción de aves en la ciudad. En la zona más extrema de las laderas principalmente en la ladera oriental y la zona norte se ubicada la vegetación herbácea (Herrera, Ignacio, & Alonso, 2001).

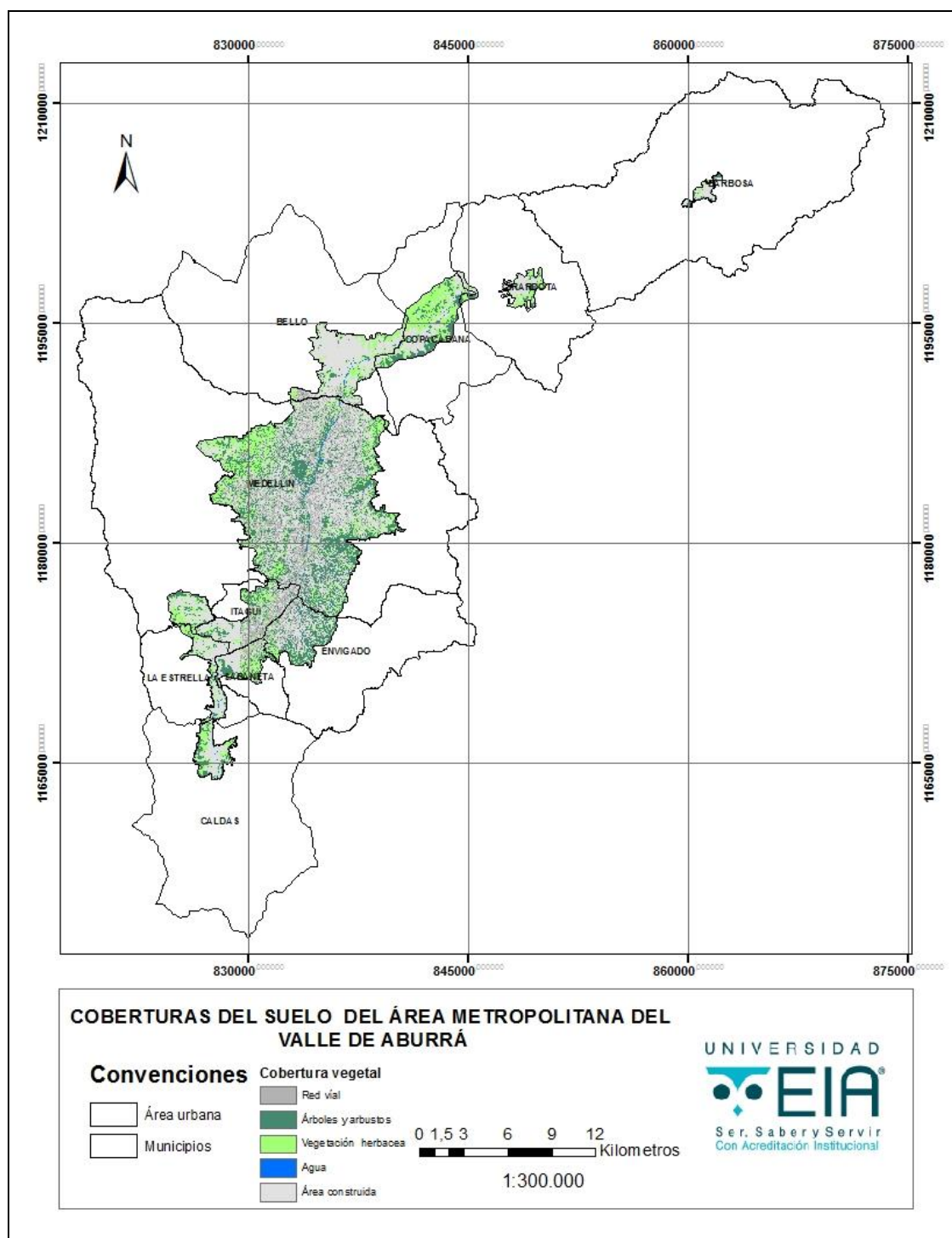


Figura 5. Coberturas del suelo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Adaptado del proyecto Estimación y valoración de servicios ecosistémicos del bosque urbano del Valle de Aburrá

3.2 SELECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Como fue descrito en la Tabla 1, los servicios ecosistémicos del arbolado hacen parte del diseño infraestructural de las ciudades como los son el control de tráfico y erosión. Por otro lado ayudan a conformar el entorno estético de la región mediante funciones paisajísticas, atracción de fauna y estructurales. A su vez, presenta funciones que ayudan a controlar factores climáticos como el viento, sombra, precipitación, temperatura, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, consultas en bases de datos y a expertos, se identificaron 16 atributos asociados a las funciones de los árboles urbanos en el Valle de Aburrá: 1) sombra, 2) atracción de fauna, 3) reducción de contaminación, 4) riesgo de daños, 5) cantidad de flores, 6) levantamiento de acera, 7) frutos, 8) atracción de fauna indeseable, 9) caída de hojas, 10) forma de copa, 11) reducción de ruido, 12) barreras visuales, 13) atracción visual, 14) color de flores, 15) altura y, 16) color de hojas.

A partir de esto se clasificaron los 5 atributos más importantes más el costo, de acuerdo con encuestas realizadas a 40 personas y un análisis posterior como se observa en la Tabla 7. Los servicios que las personas identificaron como más importantes fueron la sombra, la atracción de fauna y la reducción de la contaminación pues tuvieron los mayores puntajes.

Los atributos de reducción de ruido y barreras visuales que resultaron en las siguientes casillas en el ranking no se tomaron en cuenta para la encuesta de experimentos de elección. Por un lado, la reducción de ruido era probable que se confundiera con la reducción de contaminación lo cual hubiera podido tener influencia directa en los resultados por ser variables colineales. Por su parte, las barreras visuales y la atracción visual, estaban directamente relacionadas, por lo cual se decidió usar el segundo atributo por la facilidad a la hora de que las personas entendieran la explicación. El último atributo seleccionado fue el riesgo de daños, como el atributo indeseable con la mayor puntuación obtenida.

Según la clasificación de Gooding y demás autores (2000), los atributos seleccionados están dentro de las categorías que corresponden a las funciones de los árboles, de modo que la sombra, atracción visual y fauna pertenecen a la estética, la reducción de la contaminación al control climático, y riesgo de daños a la categoría de funciones arquitectónicas como lo fue descrita en la Tabla 1.

Tabla 7. Ranking de atributos iniciales

Atributo	Puntaje
Sombra	86
Atracción fauna	84
Reducción contaminación	83
Reducción ruido	81
Barreras visuales	72
Densidad follaje	70
Color flores	69
Riesgo caídas	65
Cantidad flores	63
Levantamiento acera	62
Frutos	61
Atracción fauna indeseable	60
Altura	59
Caída hojas	56
Color hojas	51
Forma copa	49

3.3 DETERMINACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ATRIBUTOS Y NIVELES

La asignación de atributos y niveles se realizó utilizando el paquete del software R *support.Ces* de Aizaki (2012) La implementación de los experimentos de elección CE (por sus siglas en inglés, pero por la estructura previa en el desarrollo del trabajo, el termino seguirá siendo EE), se logra desarrollar mediante siete (7) funciones que pueden ser proporcionadas por *support.CEs* como se observa en la

Tabla 8 (Aizaki, 2012).

Tabla 8. Funciones *support.Ces* del software R

Número de funciones	Función
2	Creación de un diseño basado en EE ortogonal
1	Conversión de un diseño a formato de cuestionario EE
1	Conversión de un diseño EE en una matriz de diseño
1	Establecimiento de un conjunto de datos adecuados, para hacerlos compatibles en la aplicación de un modelo logit condicional.
1	Cálculo de la bondad del ajuste de medios de un modelo estimado

1	Cálculo de la disposición marginal a pagar para atributos y/o niveles de un modelo
---	--

En este caso se emplearon las 4 primeras funciones para el diseño ortogonal y la matriz de diseño (para el análisis estadístico y el cálculo de la DAP se utilizó el software Stata®).

En el caso específico del trabajo, como se ha mencionado anteriormente, se identificaron 5 atributos propios de los árboles, más el precio. Luego de la selección de atributos, y de acuerdo con lo propuesto por Aizaki (2012); se escogieron los niveles de cada uno, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Atributos con sus respectivos niveles

Atributos	Niveles
Sombra	Muy poca Moderada Mucha
Atracción de fauna: aves y ardillas	No hay presencia Poca Abundante
Reducción de la contaminación	Sí No
Atracción visual	Atractivo Poco atractivo
Riesgo de daños	Bajo Mediano Alto
Costo	\$25.000 \$50.000 \$75.000 \$100.000

Para hallar específicamente los niveles del atributo costo, se encuestaron 23 personas para conocer el valor máximo a pagar de manera individual a la hora de comprar un árbol o el valor máximo a aceptar por su tala, como se observa en la Tabla 10. A partir del promedio del valor máximo a pagar se eligieron valores mayores y menores para determinar los 4 niveles entre \$25.000 y \$100.000.

Tabla 10. Resultados encuesta sobre pago y compensación de árbol urbano

Número de Persona	Valor máximo a pagar (COP)	Valor máximo a aceptar (COP)
1	80.000	150.000
2	60.000	600.000
3	100.000	3.000.000
4	20.000	150.000
5	55.000	100.000
6	20.000	130.000
7	10.000	200.000
8	90.000	500.000
9	300.000	1.000.000
10	45.000	250.000
11	20.000	150.000
12	20.000	50.000
13	60.000	150.000
14	80.000	200.000
15	10.000	100.000
16	50.000	300.000
17	75.000	250.000
18	50.000	100.000
19	32.000	140.000
20	80.000	400.000
21	120.000	650.000
22	40.000	150.000
23	60.000	220.000
Promedio	64.217	388.696

Luego se procedió a crear un arreglo ortogonal con el paquete *support.CEs*¹, el cual es generado automáticamente por la función asociada. La información resultante contiene el número de bloques, preguntas, alternativas y la distribución de los bloques (Aizaki, 2012).

¹ La explicación detallada de las 6 funciones se encuentran en el siguiente link : <https://www.jstatsoft.org/article/view/v050c02>

Dado que el número total de preguntas puede ser alto, el diseño crea “bloques” de preguntas para que cada encuestado tenga el menor estrés al responder el cuestionario (Aizaki, 2012). El diseño *support.CEs* arrojó un total de 72 pares de combinaciones posibles. Estos 72 pares se dividieron en un total de 9 bloques de preguntas, es decir que cada encuestado respondió solo 8 pares de combinaciones. En la Figura 6, se encuentra parte del diseño, el cual incluye la primera pregunta del Bloque 1 hasta el Bloque 4. El código de *support.CEs* se encuentra el archivo Anexo 1 y el diseño ortogonal completo se encuentra anexado en la capeta “Anexo”- Diseño ortogonal.

Bloque1-Atr	Bloque1_Niv	Bloque2-Atr	Bloque2_Niv	Bloque3-Atr	Bloque3_Niv	Bloque4-Atr	Bloque4_Niv
Block 1		Block 2		Block 3		Block 4	
Question 1		Question 1		Question 1		Question 1	
	alt.1		alt.1		alt.1		alt.1
Sombra	"Muy poca"	Sombra	"Moderada"	Sombra	"Moderada"	Sombra	"Mucha"
Fauna	"Abundante"	Fauna	"No hay presencia"	Fauna	"No hay presencia"	Fauna	"Poca"
Red_Contaminacion	"No"	Red_Contaminacion	"Si"	Red_Contaminacion	"Si"	Red_Contaminacion	"No"
Visual	"Atractivo"	Visual	"Atractivo"	Visual	"Atractivo"	Visual	"Poco atractivo"
Riesgo	"Mediano"	Riesgo	"Alto"	Riesgo	"Alto"	Riesgo	"Bajo"
Precio	"\$75.000"	Precio	"\$75.000"	Precio	"\$50.000"	Precio	"\$50.000"
	alt.2		alt.2		alt.2		alt.2
Sombra	"Mucha"	Sombra	"Moderada"	Sombra	"Moderada"	Sombra	"Muy poca"
Fauna	"No hay presencia"	Fauna	"Poca"	Fauna	"Poca"	Fauna	"No hay presencia"
Red_Contaminacion	"Si"	Red_Contaminacion	"No"	Red_Contaminacion	"Si"	Red_Contaminacion	"No"
Visual	"Poco atractivo"	Visual	"Atractivo"	Visual	"Poco atractivo"	Visual	"Atractivo"
Riesgo	"Mediano"	Riesgo	"Mediano"	Riesgo	"Mediano"	Riesgo	"Bajo"
Precio	"\$25.000"	Precio	"\$50.000"	Precio	"\$100.000"	Precio	"\$25.000"

Figura 6. Parte del diseño ortogonal

3.4 DISEÑO DE LA ENCUESTA

La encuesta se dividió en 4 partes para facilitar el entendimiento a la hora de su aplicabilidad en campo, las partes son las siguientes:

Parte 0: Información general y consentimiento

La parte 0 de la encuesta se formuló a partir de información relacionada con el proyecto como objetivos, fines, tiempo proyectado, zona de estudio y la aplicación de resultados finales. Se especificó el tipo de información solicitada al encuestado y la confidencialidad pertinente del caso, y se recalcó que la encuesta era sin fines económicos, sin afiliación política y exclusivamente con fines académicos.

Se incluyó finalmente información de la directora del proyecto para dudas y recomendaciones, y una pregunta inicial donde se verificaba si el encuestado estaba de acuerdo con realizar la encuesta, lo cual constituye consentimiento informado. Hay que tener en cuenta que este cuestionario solo lo contestaron personas mayores de edad y no hay ninguna manera de relacionar las respuestas con el encuestado porque no se preguntó información que permita identificar a los participantes.

Parte A: Preguntas de control y línea base

Inicialmente se elaboraron 3 preguntas de control asociadas a los atributos seleccionados, como se puede observar en la Figura 7. Estas preguntas de control se construyeron con el fin de que los encuestados mediante la selección y calificación numérica, expresaran sus preferencias; y así poder comparar dichas respuestas con las respuestas de elección, si fuera necesario.

1. Califique las siguientes frases de acuerdo con el grado con que usted se identifique, siendo 1=No me identifico, 2= Me identifico parcialmente, 3= Me identifico	
▪ Prefiero que los árboles estén sembrados muy cerca de mi casa	_____
▪ Considero que los árboles deben ser plantados sólo en los parques de los barrios	_____
▪ Los árboles deben estar exclusivamente en los bosques que rodean las ciudades	_____
2. Califique de 1 a 5 cada una de las siguientes frases según su grado de acuerdo o desacuerdo. Siendo 1=muy en desacuerdo, 2= desacuerdo, 3=indiferente, 4=de acuerdo, 5= muy de acuerdo.	
▪ Para mí es importante que un árbol brinde sombra	_____
▪ Me gusta ver árboles por la ventana de mi casa	_____
▪ Me agrada ver aves en los árboles	_____
▪ Me gusta que los árboles atraigan insectos	_____
▪ Considero que es importante el aporte de los árboles para reducir la contaminación	_____
▪ Me preocupa salir afectado por la caída de ramas de los árboles	_____
▪ Me gustan los árboles con flores coloridas	_____

Figura 7. Preguntas de control, arbolado urbano

Parte B: Explicación de atributos y preguntas de experimentos de elección

En esta tercera parte, se describieron los atributos para que los encuestados entendieran a qué se referían las preguntas posteriores. Se procuró usar un lenguaje claro y que la descripción no generara sesgos en la percepción de las personas.

Adicionalmente, a cada uno de los niveles de los atributos se le asignó una pequeña explicación asociada a unas fotografías seleccionadas de acuerdo con conceptos técnicos y teóricos de las especies, es decir que cada una de las imágenes representara realmente los diferentes niveles de los atributos reales de la región. El uso de las imágenes pretende mejorar la interpretación y generar recordación en los encuestados. Las fotografías se obtuvieron por cortesía del Catálogo virtual de Flora del Valle de Aburrá (Arroyave et al., 2014) (Figura 8).

SOMBRA		
Las copas de los árboles capturan los rayos solares y generan espacios de sombra en un área cercana a ellos. Esta sombra depende del tamaño y abundancia de sus hojas, la distancia entre sus ramas, entre otros. Para esta encuesta, la calificación de la sombra será la siguiente:		
Muy poca	Moderada	Mucha
		
No genera sombra en ningún momento	Se observa sombra en algunas áreas	Completa sombra alrededor del árbol

Figura 8. Descripción de atributos y sus respectivos niveles

Para la pregunta base de elección, se elaboró un enunciado en el que se explica claramente el objetivo del proyecto hipotético que permite la valoración de los atributos individuales de un árbol; en este caso, un proyecto para transplantar un árbol con las características asignadas a cada atributo. A cada hogar le correspondería una parte del pago, que llegaría en una factura al hogar con plazo de pago de un año. Se hizo hincapié en el enunciado en que los encuestados respondieran cada una de las preguntas de elección de manera independiente, sin tener en cuenta lo seleccionado en la pregunta anterior. El enunciado completo se puede observar en la Ilustración 1.

CON LA INFORMACIÓN QUE USTED ACABA DE LEER, SOLICITAMOS RESPONDER LAS SIGUIENTES PREGUNTAS. TENGA EN CUENTA QUE LAS PREGUNTAS SON INDEPENDIENTES UNAS DE OTRAS; ES DECIR, CADA VEZ QUE RESPONDA UNA PREGUNTA, PASE A LA SIGUIENTE SIN TENER EN CUENTA LA QUE HA ACABADO DE CONTESTAR.

Suponga que **en la cuadra donde usted vive** se va a realizar un proyecto con el fin de mejorar el manejo de los árboles y para ello se va a **trasplantar un árbol** con características o funciones determinadas como *la sombra, la atracción fauna, la reducción de la contaminación, el aspecto visual y los riesgos*. A su hogar le corresponderá **una parte del costo** de traer el árbol que pagará **una sola vez** en una **cuenta que llegará a su casa** y podrá ser **financiada** en el transcurso de **un año**. Las opciones **Árbol A y Árbol B** son las únicas que usted tendrá en cuenta. **¿Cuál opción elegiría usted?**

Por favor lea detenidamente cada una de las características de cada una de las opciones. Cuando ya se haya decidido marque la casilla correspondiente a esa opción. En el caso de no estar de acuerdo con ninguna de las opciones de árboles planteadas, seleccione la casilla "No traer un árbol", lo cual significa que no se trasplantará ningún árbol en su cuadra, y no se generará ningún costo para su hogar.

Ilustración 1. Ejemplo de enunciado de las preguntas de elección

Cada conjunto en la pregunta de elección se conformó por dos alternativas hipotéticas y el *status quo*, es decir, mantener el estado actual o la posibilidad de no escoger ninguna de las alternativas y no pagar por el proyecto. Un ejemplo de un conjunto de preguntas se observa en la Figura 8.

Para cada una de las 72 combinaciones se variaron los niveles de cada atributo según lo que determinó el diseño experimental. Además, hay que tener en cuenta que el tamaño de la muestra es diferente al número de los encuestados; ya que a cada individuo se le pide contestar varias preguntas de EE y el tamaño de la muestra se obtiene por la multiplicación del número de los encuestados y el número de preguntas por persona (Aizaki, 2012), es decir un tamaño de muestra total de 10.488 debido a que cada respuesta se considera como independiente de las demás.













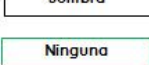
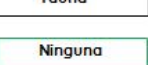
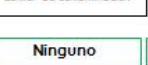
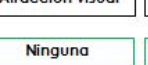
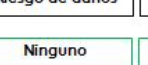
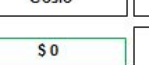
	Sombra	Fauna	Control de contaminación	Atracción visual	Riesgo de daños	Costo	Yo elijo
ARBOL A							ÁRBOL A
	Moderada	No hay presencia	Sí	Atractivo	Alto	\$ 50.000	
ARBOL B							ÁRBOL B
	Moderada	Poca	Sí	Poco atractivo	Mediano	\$ 100.000	
No traer ningún árbol							No traer ningún árbol
	Ninguna	Ninguna	Ninguno	Ninguna	Ninguno	\$ 0	

Figura 9. Ejemplo pregunta base de elección

Parte C: Preguntas sociodemográficas

La última parte de la encuesta se enfocó en aspectos sociodemográficos para lo cual se diseñaron 10 preguntas incluyendo género del entrevistado, edad, lugar de residencia actual, estrato socioeconómico, ocupación, nivel educativo máximo alcanzado, e ingresos promedio, entre otros.

3.5 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

Para la aplicación de la encuesta y sus aspectos logísticos asociados se contrató a la empresa **Velásquez-Naranjo & Cia (Vena)** como prestadora del servicio. Se realizaron pruebas pilotos con grupos de personas para la debida estandarización en el tiempo promedio que las personas se gastaron para resolver la encuesta, y donde se conoció que los participantes realmente entendieron la encuesta, interpretaron las preguntas y se contextualizaron sobre la valoración económica.

Se capacitó a tres personas universitarias designadas por *Vena* para la realización de las encuestas con el fin de que adquirieran el conocimiento necesario del tema para evitar sesgos o malinterpretaciones a la hora de la aplicación del cuestionario.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Finalmente, las encuestas se aplicaron desde el 14 de Mayo de 2016, hasta el 8 de Abril de 2016, mediante el método persona-persona y con al apoyo de una tableta, garantizando la homogeneidad en la aplicación de los 9 bloques de preguntas bases en el Valle de Aburrá, y la distribución geográfica de la aplicación de la encuesta se hizo proporcional al número de habitantes de cada municipio del Valle de Aburrá, como lo está establecido en la Tabla 11. Vena, realizó 37 encuestas más de las que inicialmente se plantearon (400) que fueron incluidas en el análisis de resultados. Los 9 bloques de preguntas se anexan en la carpeta de “Anexos”, denominando “Bloques”

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La determinación de la muestra poblacional para la pregunta de EE se realizó en función de los habitantes del Valle de Aburrá, con un nivel de confianza del 95%, una intervalo de confianza de 5%, y con una población de 3.316.405 como se muestra en la Tabla 11 (AMVA, 2016).

Tabla 11. Distribución poblacional del Valle de Aburrá

Municipio	Población (AMVA, 2016)	Encuestas realizadas
Medellín	2,223,660	283
Barbosa	42,546	9
Girardota	42,830	23
Copacabana	61,421	28
Bello	373,013	9
Itagüí	231,768	50
Envigado	175,373	11
Sabaneta	44,874	11
La Estrella	52,763	10
Caldas	68,157	3
Total	3,316,405	437

El tamaño de la muestra se determinó en 384 encuestados utilizando el software disponible por *Creative Research Systems* (software disponible en <http://www.surveyssoftware.net/sscalce.htm>) pero se decidió aumentar esta cifra a 400 personas en caso de tener que eliminar algunas respuestas aunque finalmente la empresa prestadora de servicio entregó resultados de 437 encuestados.

Una vez entregados los resultados se procedió al arreglo de los datos y su análisis estadístico. Aizaki (2012) describe como el modelo más comúnmente usado para el análisis el **logit condicional** (o CL por sus siglas en inglés) (Aizaki, 2012).

Según el CL, la probabilidad de la alternativa n, seleccionando una alternativa i del conjunto de elección Cn es:

$$P(i) = \exp(V_{in}) / \sum_{j \in Cn} \exp(V_{jn})$$

Donde V_{in} ,

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \beta_{ik} X_{ikn}$$

V_{in} es un “componente sistemático de utilidad” en función lineal de las variables independientes X_{ikn} , con coeficiente β_{ikn} .

Así mismo, es requerido calcular la bondad de ajuste media para evaluar el modelo CL, para esto se utiliza Rho-Cuadrado (ρ^2) (Ben-Akiva & Lerman, 1985)

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL_b}{LL_o}$$

Donde, LL_b son los “valores de probabilidad de registro en la convergencia” y LL_o son los “valores de probabilidad de registro en la salida”.

Finalmente, la media ajustada por los coeficientes K sigue la siguiente ecuación:

$$\rho^{-2} = 1 - (LL_b - \frac{K}{LL_o})$$

Para el cálculo de la disposición marginal a pagar, el modelo CL tiene una función para variables no monetarias determinada por:

$$\frac{-b_{nm}}{b_m} \text{ Ecuación 3}$$

Siendo b_{nm} un coeficiente estimado de la variable no monetaria, y b_m un coeficiente estimado de la variable monetaria (Aizaki, 2012). En el trabajo se utilizó el software Stata® para el logit condicional.

Para el análisis de logit condicional la hipótesis nula es que los coeficientes son iguales a 0 y se rechaza cuando el valor p es menor que el nivel de significancia esperado de 0,05 (valor $p < 0,05$). Se espera que los coeficientes β sean positivos en el caso que el atributo

asociado al coeficiente β sea deseable, o por el contrario que β sea negativo cuando el atributo sea indeseable, como en el caso del costo.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

De las 437 personas entrevistadas 244 fueron mujeres, equivalente al 56% de la muestra poblacional. Los municipios de Medellín, Girardota y Bello presentaron el mayor porcentaje de participación del género femenino.

Las personas entrevistadas pertenecieron principalmente al estrato 3 con un total de 207 personas como se observa en la Figura 10, con una tendencia hacia los estratos bajos, es decir, estratos 1, 2, 3; con la mayoría de las respuestas.

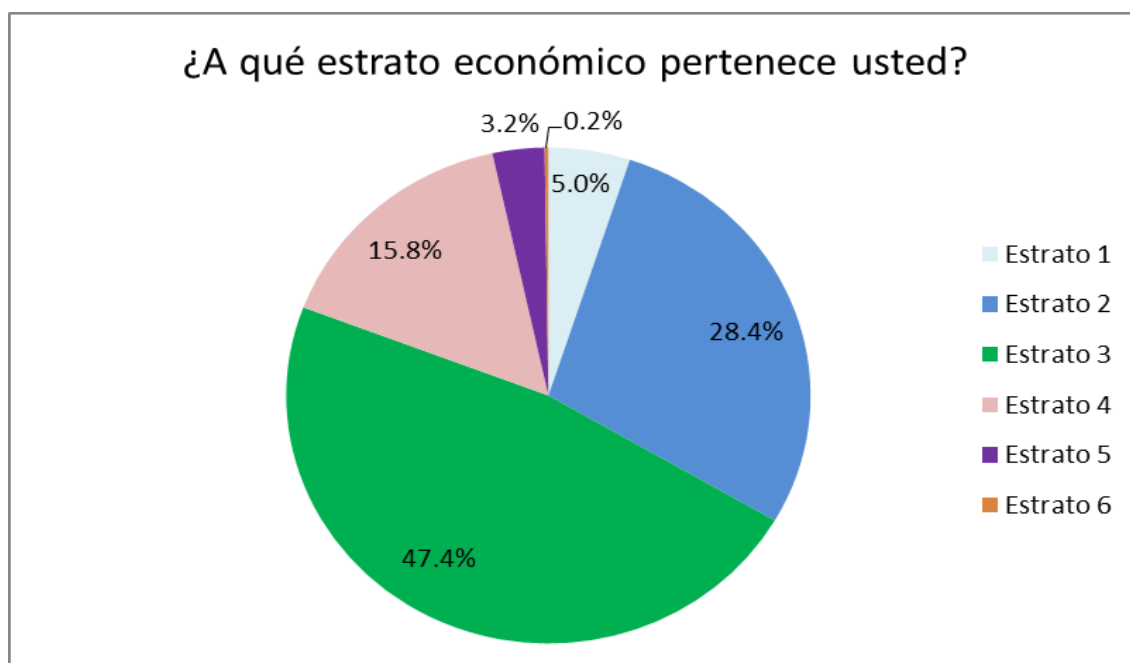


Figura 10. Distribución estrato socioeconómico

Del total de los encuestados, el 50% actualmente tienen un empleo, seguido de estudiantes y amas de casa con un 23% y 11% respectivamente, Figura 11.

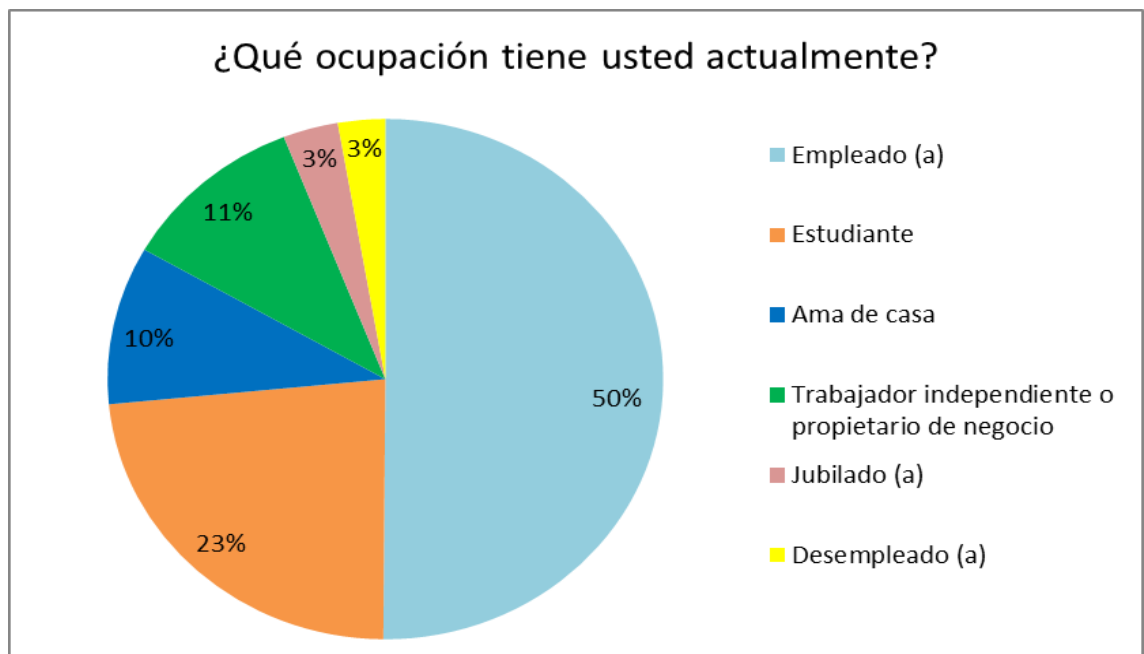


Figura 11. Distribución de ocupación de los encuestados

Respecto al nivel educativo, el 64% cuenta con un nivel de educación superior o lo están terminando, y el 30% cuentan con mínimo el título de bachillerato, Figura 12; de lo que se puede inferir que las respuestas brindadas cuentan con cierto grado de conocimiento acerca de la problemática ambiental que se vive actualmente.

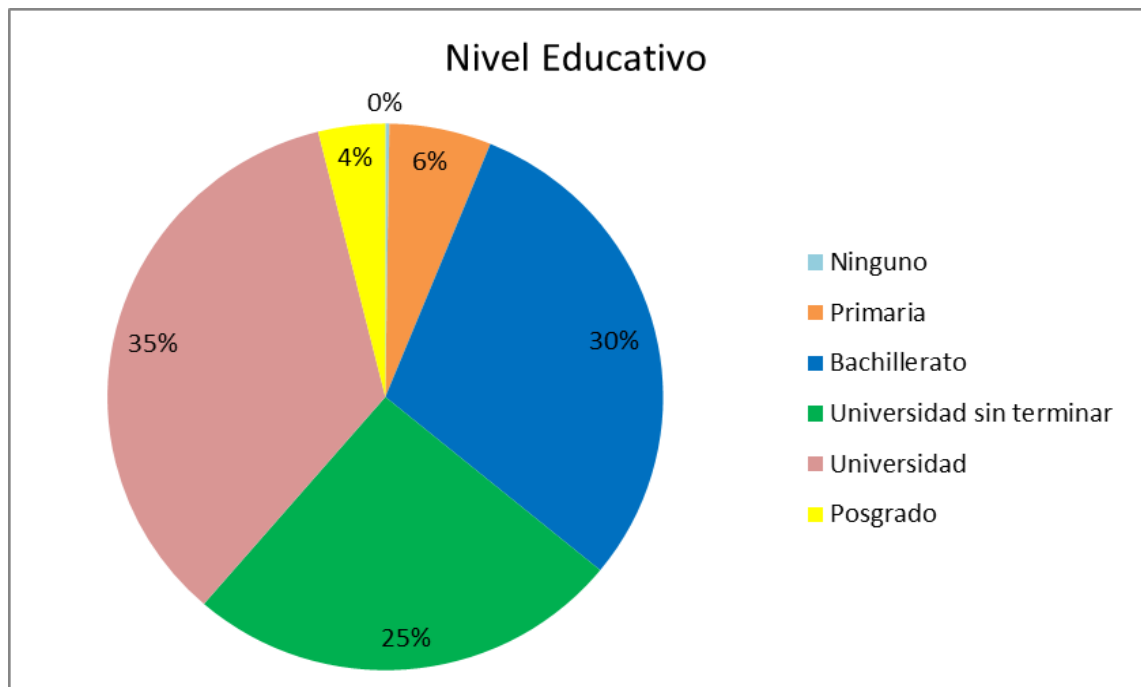
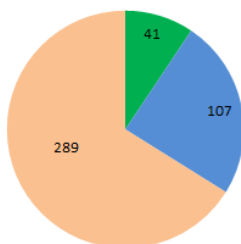


Figura 12. Distribución del nivel máximo educativo

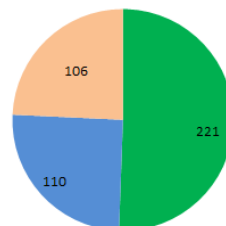
4.2 PREFERENCIAS EN CUANTO AL ARBOLADO URBANO

A la hora de responder sobre la opción de tener árboles sembrados cerca de sus casas, en los parques o en las afueras de la ciudad, el 66,1% estuvieron de acuerdo en que los árboles estuvieran cerca de sus casas, lo que sugiere que para los habitantes del Valle de Aburrá la ubicación del bosque urbano es importante. En el mismo sentido, las personas no compartieron la idea de que los árboles deban estar exclusivamente en los alrededores o áreas perimetrales del territorio.

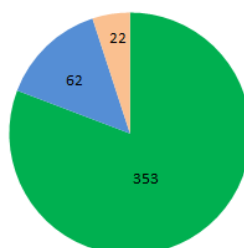
Prefiero que los árboles estén sembrados muy cerca de mi casa



Considero que los árboles deben ser plantados sólo en los parques de los barrios



Los árboles deben estar exclusivamente en los bosques que rodean las ciudades



■ No me identifico ■ Me identifico parcialmente ■ Me identifico totalmente

De las personas que se identificaron con que los árboles estén sembrados cerca de sus casas (66,1%), el 39% se preocupa que por alguna situación antrópica o natural se afecte su integridad física o alguna propiedad, como se muestra en la Figura 13; lo que sugiere que prefieren tener árboles cerca de sus casas, bien sea con un adecuado manejo o mantenimiento para disminuir riesgos, o con especies que no generen un mayor riesgo físico o estructural.

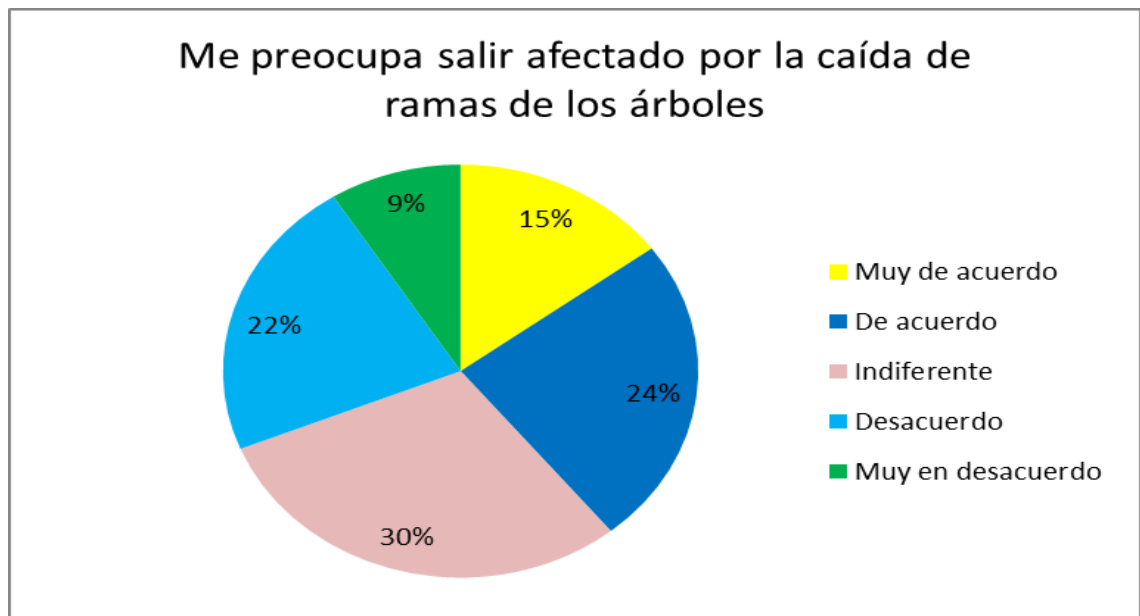


Figura 13. Preocupación de salir afectado por caída de ramas

La Figura 14 muestra como a 349 personas les atrae que los árboles tengan flores coloridas. La estética de los árboles es importante a la hora de que las personas seleccionen la especie más adecuada para ser sembrada cerca de sus casas.

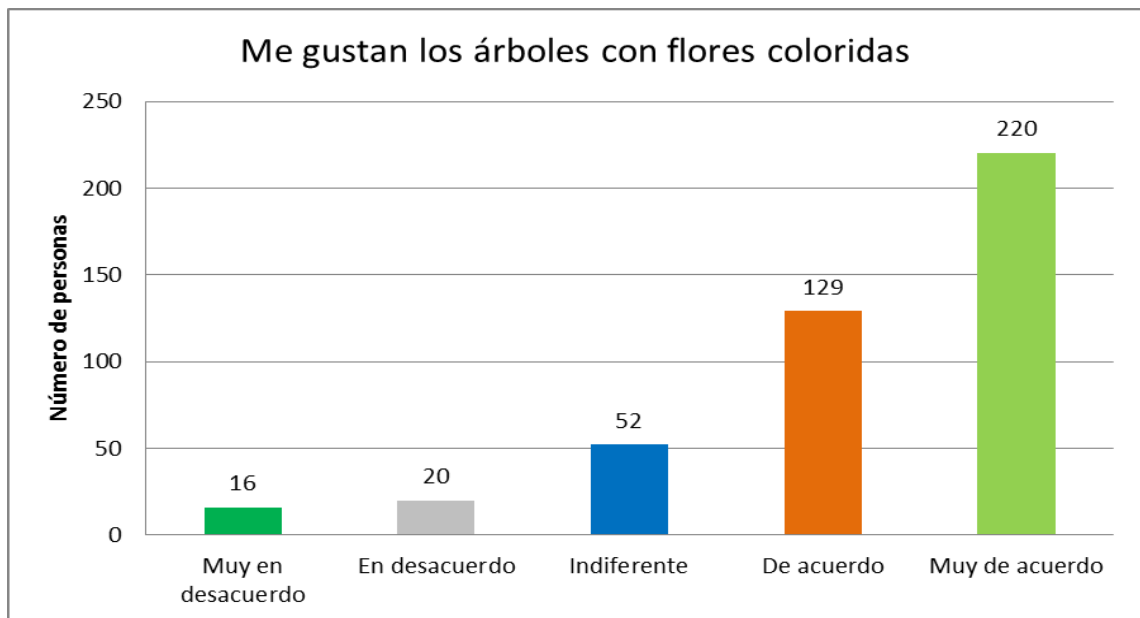


Figura 14. Preferencias respecto a la presencia de flores coloridas en los árboles

Sin embargo, se obtuvo un contraste de respuestas respecto a género en términos de la preferencia de flores coloridas y la reducción de la contaminación, como se observa en la Figura 15. En las respuestas asociadas a las flores, el 30% de las mujeres consideraron estar muy de acuerdo con que el arbolado cuente con flores coloridas; mientras que solo el 18,6% de los hombres dio la misma respuesta. Lo anterior indica que las mujeres valoran más el aspecto estético de los árboles, manifestado a través de las flores coloridas.

En el caso de la reducción de la contaminación las respuestas tuvieron una tendencia similar en cuanto a género. Es importante tener en cuenta que las encuestas se realizaron en un periodo que correspondió a un problema de contaminación del aire que tuvo principalmente la ciudad de Medellín, lo cual pudo tener cierta influencia las respuestas dadas por las personas (Isaza & Restrepo, 2016).

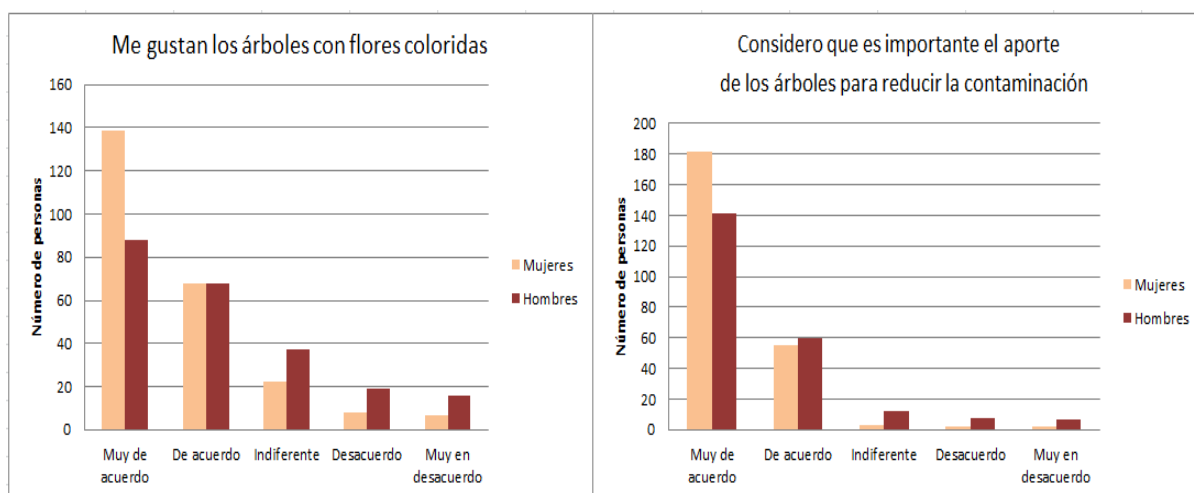


Figura 15. Comparación de dos preguntas de control, según respuestas por género.

Uno de los objetivos con las preguntas de control, era demostrar que las personas realmente entendieran la encuesta, mediante la selección de características de ciertas especies de árboles con imágenes reales, es decir que los atributos seleccionados de cada uno de los árboles calificados, sí correspondieran a lo que las imágenes estuvieran mostrando. Como muestra la Figura 16, la especie de árbol ubicada a la derecha es considerada por la mayoría como débil, delgado y bajo, y es lo que se esperaba al momento de seleccionar dicha especie. Esto mismo se puede observar en la Figura 17 y Figura 18 pero con calificativos como colorido y delgado.

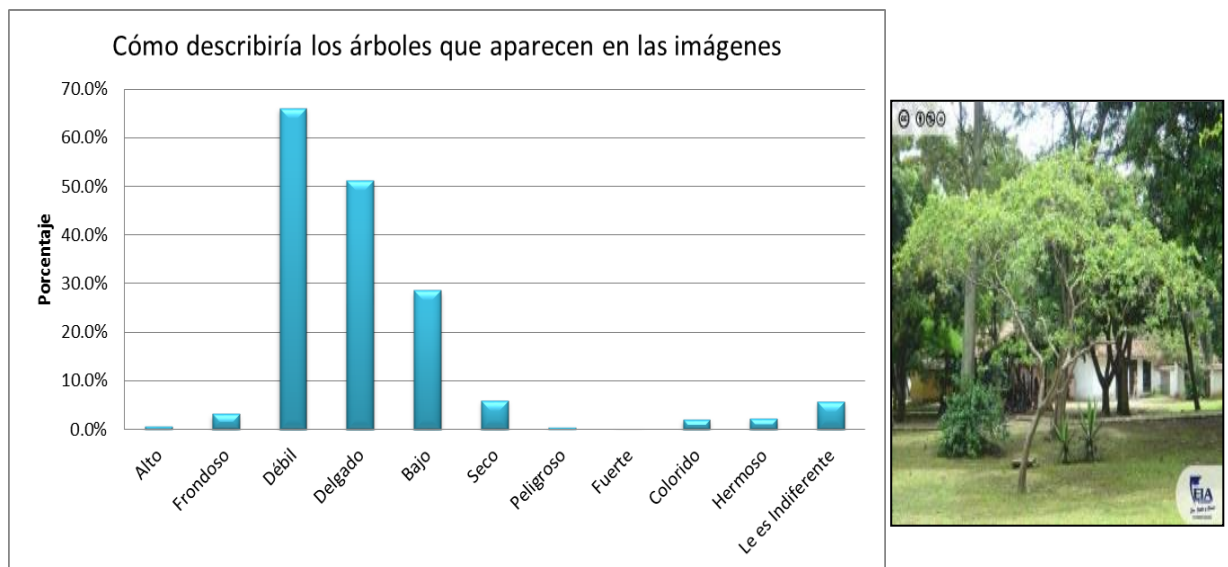


Figura 16. Descripción de especie de árbol - débil

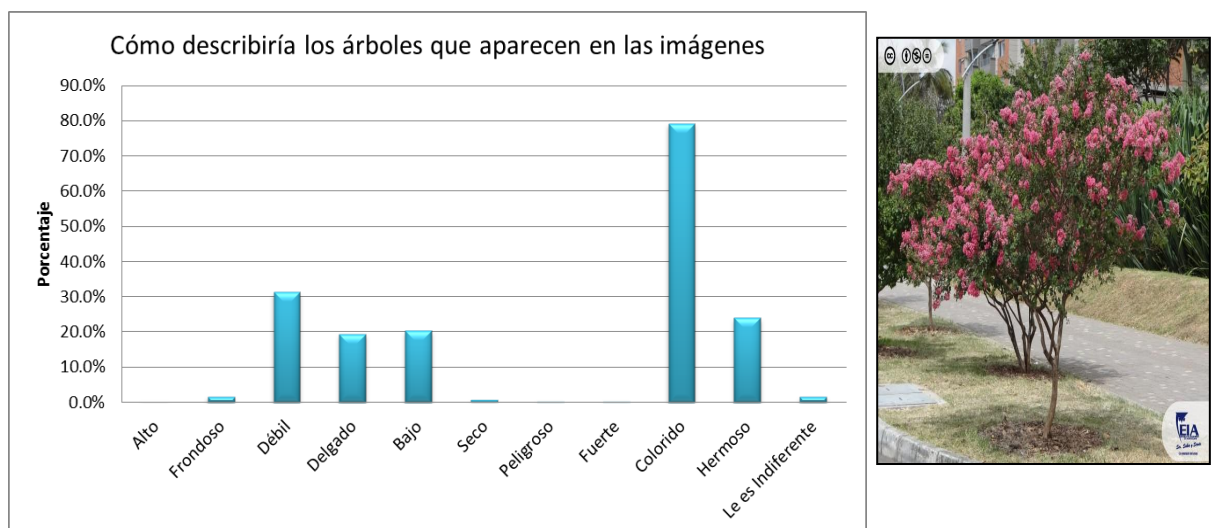


Figura 17. Descripción de especie de árbol - colorido

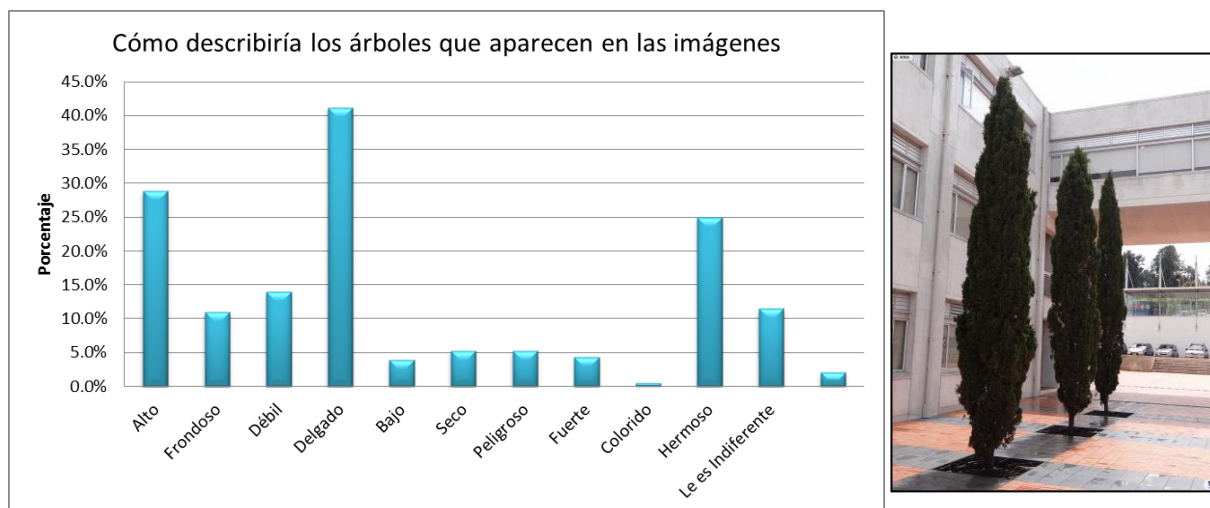


Figura 18. Descripción de especie de árbol – delgado

Aunque los resultados indican que a las personas les gustan que los árboles atraigan fauna como aves y ardillas, no prefieren todo tipo de animales como se ve en la Figura 19. Al 57% (249 personas) no les gusta que el arbolado atraiga insectos, consideran que no trae ningún beneficio para ellos; por lo tanto, a la hora de sembrar un árbol que atraiga fauna se debe seleccionar la especie correcta.

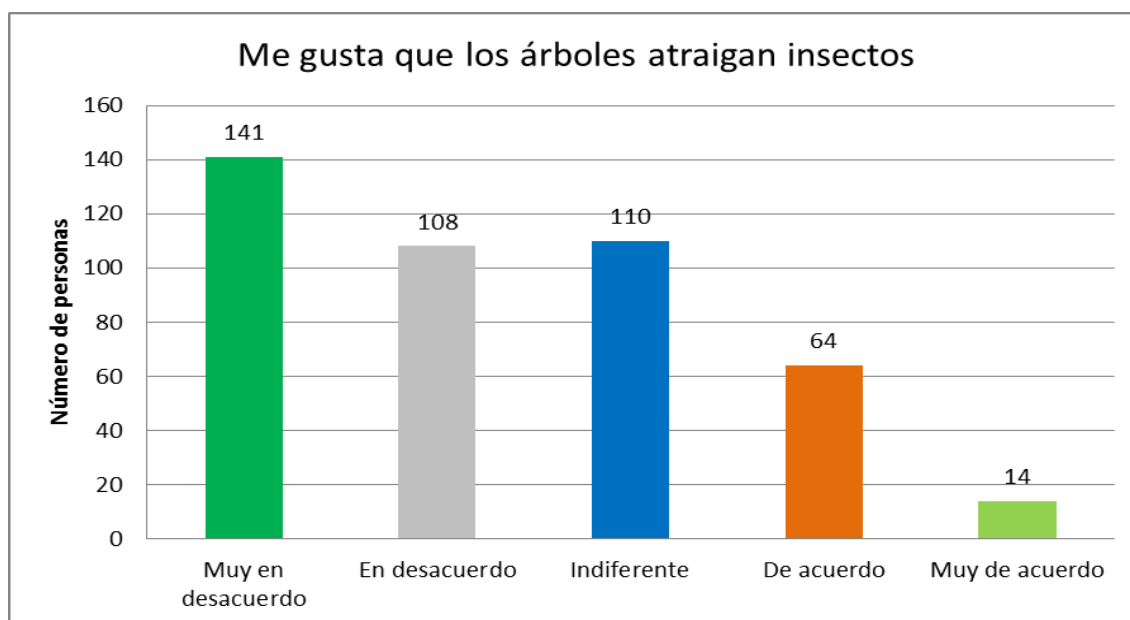


Figura 19. Preferencias respecto a la atracción de insectos en los árboles

4.3 DISPONIBILIDAD A PAGAR

La Tabla 12 muestra los resultados del logit condicional obtenidos con el software Stata® según el código que se muestra en el Anexo 1. Se debe resaltar que todas las respuestas dieron estadísticamente significativas, dado que el valor p en todos los casos estuvo por debajo del nivel de significancia de 0,05, lo que implica que los coeficientes sí se pueden interpretar pues se rechaza la hipótesis nula de que los coeficientes son iguales a 0.

Respecto a los coeficientes resultantes se observa que los valores tienen los signos esperados, es decir, las respuestas que se esperan beneficiosas para las personas dieron positivas, como la sombra (mucha o moderada), fauna (abundante o poca), reducción de la contaminación y atractivo visual.

De otro lado, ninguna persona asocia el precio como un atributo positivo o beneficioso y por esto es que su coeficiente en la Tabla 12 es negativo. De manera similar, el alto riesgo presentó un coeficiente negativo (-0,93) porque se describió como un daño estructural en las propiedades o algún daño en la integridad física de las personas, por lo cual se percibe como un atributo indeseable. El riesgo de daños fue el atributo indeseable que las personas desde el inicio calificaron con la puntuación más alta. Con este resultado se muestra que las personas se sienten preocupadas ante la posibilidad de sufrir algún tipo de daño probablemente por los costos asociados.

Con respecto a la magnitud de los coeficientes, la reducción de la contaminación presentó el valor más alto con 1,39, lo que significa que las personas se interesan en que el arbolado que esté cerca de sus casas ayude a contrarrestar la contaminación, lo cual contrasta con el ranking inicial de la Tabla 12 **Error! Reference source not found.**, en donde este atributo había ocupado el tercer lugar. Teniendo en cuenta lo descrito en el numeral 4.2 acerca del problema de calidad del aire que sufrió el Valle de Aburrá, principalmente Medellín, cuando se realizaron las encuestas, este resultado puede reflejar la preocupación ciudadana por la situación del momento, que tuvo amplia cobertura en los medios de comunicación locales (Isaza & Restrepo, 2016). Es probable que las personas dieran las respuestas basadas en la problemática ambiental para esa fecha y quizás los resultados hubieran variado de no haberse presentado la emergencia ambiental.

En el caso de la sombra, a las personas les parece un atributo importante ubicando el nivel de sombra abundante en el segundo lugar mientras en el ranking inicial se había ubicado el atributo en el primer lugar. Hay que tener en cuenta que se toma el valor de mucha sombra de 0,71 para compararlo con el valor de la Tabla 7. Es de esperarse que las personas prefieran un árbol con sombra abundante sobre uno con sombra moderada, como se refleja en la magnitud de los coeficientes respectivos de cada nivel.

La atracción visual fue el tercer atributo mejor calificado con 0,67, de lo que se infiere que los habitantes del Valle de Aburrá le dan importancia a la estética de los árboles, reflejada

en flores coloridas y follaje abundante. Con este resultado, se ratifica la decisión de haber escogido el atributo de atracción visual y no el de barreras visuales.

Finalmente, la atracción de fauna ocupó el cuarto lugar con un coeficiente de 0,49, siendo el atributo deseable con menor coeficiente. A las personas les agrada la presencia de fauna, para este trabajo en particular de aves y ardillas, aún cuando sea el atributo menos importante entre los evaluados. De nuevo, es esperable que el coeficiente del nivel poco sea menor al del nivel abundante.

Tabla 12. Resultados logit condicional

Variable	Coeficientes	Error estándar	z	Valor p	Intervalo de confianza 95%	
Precio	-0,0000105	8,45E-07	-12,43	0,00	-0,0000122	-8,85E-06
Sombra moderada	0,395814	0,0685436	5,77	0,00	0,261471	0,530157
Sombra mucha	0,7092883	0,0697951	10,16	0,00	0,5724924	0,8460843
Fauna poca	0,2273362	0,0617363	3,68	0,00	0,1063352	0,3483371
Fauna abundante	0,4925552	0,072212	6,82	0,00	0,3510222	0,6340881
Reducción de contaminación	1,387365	0,0568881	24,39	0,00	1,275866	1,498864
Atractivo visual	0,6713708	0,0558509	12,02	0,00	0,561905	0,7808365
Riesgo alto	-0,9380377	0,0626177	-14,98	0,00	-1,060766	-0,8153092

Los valores de disponibilidad a pagar de las personas frente al proyecto hipotético planteado se calcularon según la ecuación 3 que resulta de la relación del coeficiente precio con cada uno de los coeficientes de los niveles de cada atributo, y se muestran en la Tabla 13.

Por ejemplo, los valores de DAP respecto a la sombra demostraron que las personas del Valle de Aburrá, están dispuestas a pagar \$67.551 COP por tener un árbol cerca de sus casas que genere mucha sombra, y \$37.697 COP por un árbol sembrado por su lugar de residencia pero con sombra moderada, es decir, menos de la mitad del dinero. Además de ser un beneficio directo para las personas, la sombra generada por los árboles representa un servicio para la ciudad, ya que los árboles ayudan a moderar la temperatura mediante la disminución del fenómeno de isla de calor y la disminución de la evaporación de agua de los céspedes (Voogt, 2008).

El valor de DAP por el atributo atracción de fauna presentó un resultado similar a la DAP por sombra, ya que el nivel superior duplica al inferior, es decir, las personas pagarían más por un árbol que atraiga de manera abundante aves y ardillas, con un valor de \$46.910 COP comparado con \$21.651 COP para un árbol con poca atracción de aves y ardillas. Las personas valoran que en el arbolado del Valle de Aburrá haya presencia de estos animales.

Si solo se tomaran los atributos de sombra y atracción de fauna para encontrar el costo de un árbol en el Valle de Aburrá, una persona estaría dispuesta a pagar \$114.460 COP por tener un árbol que genere mucha sombra y que atraiga abundantes aves y ardillas; pero si por gustos escogieran un árbol con moderada sombra y poca fauna, el árbol tendría un valor inferior al primero de \$59.348 COP, lo que significa que el costo de un árbol es casi el doble si los atributos seleccionados son los primeros.

La DAP por la reducción de la contaminación fue la más alta con un total de \$132.130. Este valor de la DAP significa que las personas entrevistadas tenían conocimiento sobre el aporte de los árboles en la reducción o control de la contaminación, pero nuevamente se debe tener en cuenta que las respuestas, especialmente para este atributo, pudieron estar influenciadas por la situación ambiental de la calidad del aire que se estaba presentando en la región para las fechas de la aplicación del cuestionario. Independiente de la influencia o no en las respuestas, la DAP de la reducción de la contaminación hace que para este trabajo sea el atributo con mayor valoración, y el que le puede aumentar de manera significativa el precio a un árbol urbano.

Se esperaba que el valor de la DAP por la atracción visual fuera uno de los más altos por las respuestas de las personas dadas en las preguntas iniciales de control, donde 349 de 437 personas habían dado respuesta entre muy de acuerdo y de acuerdo a la pregunta relacionada con las flores coloridas de los árboles. En este caso el valor de la DAP fue de \$63.940, siendo el tercer valor más alto entre los atributos evaluados.

Con un valor de \$89.337 COP, el segundo valor de la DAP es el de alto riesgo a daños. Este valor tiene sentido pues el daño se asocia con pagar un valor monetario, es por esto que este atributo obtuvo inicialmente el mayor puntaje entre los atributos indeseables para las personas, y adicionalmente, fue el segundo valor más alto –en magnitud aunque con signo negativo- de la DAP entre los evaluados como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores de disponibilidad a pagar en COP

Nivel del atributo	Valor de la DAP (COP)
Sombra: moderada	\$37.697
Sombra: mucha	\$67.551
Atracción de fauna: poca	\$21.651
Atracción de fauna: abundante	\$46.910
Reducción de contaminación: sí	\$132.130
Atracción visual: atractivo	\$63.940
Riesgo de daños: alto	-\$89.337

Si una persona al momento de seleccionar los atributos para sembrar un árbol cerca de su casa, escogiera un árbol con mucha sombra, abundante fauna, que ayude a controlar la contaminación y que sea atractivo, aun cuando tenga un riesgo alto, el valor de dicho árbol sería de \$221.194 COP. Si solo se considerara el atributo de atracción de fauna nivel poca el valor del árbol sería de \$21.651.

Es importante considerar que el riesgo es un valor negativo y se sustrae de los valores de los demás atributos. En este caso, un árbol que representa un riesgo y del cual no se perciben otras características positivas, representaría una pérdida de bienestar para los habitantes del Valle de Aburrá, en lugar de una ganancia.

Si se toma en cuenta la cifra del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el Plan maestro de zonas verdes en el año 2007, según la cual existían para ese año 279.769 árboles, y tomando en cuenta los atributos de mucha sombra, abundante atracción de fauna, reducción de la contaminación, atracción visual y riesgo alto, el arbolado total tendría un costo de:

$$279.769 * (\$ 67.551 + \$46.910 + \$132.130 + \$63.940 - \$ 89.337) = \$ 61.883.224.186 \text{ COP}$$

Respecto a los resultados del proyecto conjunto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Nacional descrito en el numeral 2.1.2, la valoración de todo el Valle de Aburrá dio mucho mayor al resultado de la valoración del corredor Aguacatala – Belén Rincón como era esperable, es decir en el proyecto del corredor la valoración contingente fue de \$13.609.987.680 COP por el mantenimiento de áreas correspondientes a espacio público verde y los árboles, y este proyecto fue de \$61.883.224.186 COP, dicha diferencia se debe a la extensión del área de estudio en ambos proyectos y a la diferencia de métodos de valoración.

4.4 DISPONIBILIDAD A PAGAR SEGÚN CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

Para cumplir con el objetivo específico 3, se volvió a correr el logit condicional con los mismos niveles de los atributos, pero segmentando el modelo por grupos de género, estrato y municipios, con el fin de analizar qué tanto cambiaban las respuestas de la DAP respecto a la regresión base ya analizada en el numeral 4.3.

Para evaluar la variabilidad de las respuestas según los estratos, estos se dividieron en altos y bajos, donde bajos fue conformado por los estratos 1, 2, 3, y altos por los estratos 4, 5, 6. El grupo de género se dividió en femenino y masculino. Finalmente, para los municipios se tomó en cuenta el número de habitantes por municipio que fueron entrevistados, dado que del municipio de Medellín fueron 283 (64.8%) personas que realizaron la encuesta, se consideró este como un grupo y el resto de municipios (154 personas) como el segundo grupo. La Tabla 14 y la Tabla 15 muestran el resumen de los coeficientes de las regresiones realizadas y los respectivos valores económicos.

En general, los coeficientes presentan los signos y magnitudes esperadas excepto para los casos de “estrato 1, 2 y 3”, y género “femenino” respecto al nivel *poco* del atributo *atracción de fauna*. En este caso no se rechaza la hipótesis nula porque los valores p fueron mayores al nivel de significancia fijado en 0,05 y estos coeficientes no pueden ser interpretados ni usados para calcular la DAP.

Tabla 14. Resumen de coeficiente teniendo en cuenta aspectos demográficos y la regresión inicial

Variable	Regresión base	Estratos 1, 2 y 3	Estratos 4, 5 y 6	Género femenino	Género masculino	Solo Medellín	Otros municipios
Precio (miles)	-0,0000105	-0,0000104	-0,0000106	-0,00000965	-0,0000116	-0.0000113	-0.0000097
Sombra Moderada	0,395814	0,335	0,405	0,517	0,258	0,356	0,498
Sombra Mucha	0,7092883	0,707	0,712	0,865	0,527	0,679	0,804
Fauna Poca	0,2273362	0,0694*	0,265	0,0991*	0,374	0,215	0,245
Fauna Abundante	0,4925552	0,361	0,522	0,476	0,504	0,508	0,443
Reducción de Contaminación	1,387365	1,607	1,338	1,374	1,408	1,387	1,403
Atractivo Visual	0,6713708	0,512	0,934	0,707	0,632	0,611	0,782
Riesgo Alto	-0,9380377	-0,952	-0,952	-1,054	-0,803	-0,947	-0,901

* No significativo, $p > 0,05$

Tabla 15. Resumen DAP teniendo en cuenta aspectos demográficos y la regresión inicial

Variable	Regre- sión base	Estrato 1, 2 y 3	Estrato 4, 5 y 6	Género feme- nino	Género mascu- lino	Solo Medellín	Otros munici- pios
Sombra Moderada	\$37.697	\$31.604	\$38.942	\$53.575	\$22.241	\$31.504	\$54.906
Sombra Mucha	\$67.551	\$66.698	\$68.462	\$89.637	\$45.431	\$60.088	\$88.644
Fauna Poca	\$21.651	--	\$25.192	--	\$32.241	\$19.027	\$27.012
Fauna Abundante	\$46.910	\$34.057	\$50.192	\$49.326	\$43.448	\$44.956	\$48.842
Reducción de Contaminación	\$132.130	\$151.604	\$128.654	\$142.383	\$121.379	\$122.743	\$154.686
Atractivo Visual	\$63.940	\$48.302	\$67.981	\$73.264	\$54.483	\$54.071	\$86.218
Riesgo Alto	-\$89.337	-\$89.811	-\$89.808	-\$109.223	-\$69.224	-\$83.805	-\$99.338

Si se retoma la cifra de 279.769 árboles en el 2007 utilizada en el numeral 4.3, con lo mismos atributos y se vuelve a calcular el costo del arbolado en el Valle de Aburrá, pero ahora discriminada por los factores demográficos, se obtendrían los valores presentados en la En este caso, el grupo de otros municipios tendría el mayor costo del arbolado, seguido del grupo de género femenino y estratos 4, 5 y 6 con los siguientes valores más altos. En estas cifras se evidencia que los estratos altos tienen mayor DAP que los bajos, las mujeres mayor DAP que los hombres y los habitantes de los otros municipios del Valle mayor DAP que los de la ciudad de Medellín.

. En este caso, el grupo de otros municipios tendría el mayor costo del arbolado, seguido del grupo de género femenino y estratos 4, 5 y 6 con los siguientes valores más altos. En estas cifras se evidencia que los estratos altos tienen mayor DAP que los bajos, las mujeres mayor DAP que los hombres y los habitantes de los otros municipios del Valle mayor DAP que los de la ciudad de Medellín.

Tabla 16. Costo del arbolado en el Valle de Aburrá según características demográficas

Grupo	DAP por el arbolado urbano en COP
Estratos 1, 2 y 3	\$58.989.929.365
Estratos 4, 5 y 6	\$63.082.593.890
Género femenino	\$68.651.675.600
Género masculino	\$54.699.595.570
Solo Medellín	\$55.409.089.760
Otros municipios	\$78.070.098.990

4.4.1 Diferencias de género

Para cada uno de los niveles evaluados, las mujeres exhibieron una mayor DAP que los hombres. Este es un resultado similar al obtenido en el estudio realizado por Charry & Delgado (2015) a la hora de valorar un plan de conservación en la cuenca del río Tunjuelo en la ciudad de Bogotá, enfocado a la valoración del recurso hídrico, y al resultado del proyecto Guía del Área Metropolitana del Valle de Aburrá descrito en el numeral 2.4.2 (UNALMED - AMVA, 2009). En los 3 casos las mujeres siempre estuvieron dispuestas a pagar más que los hombres por un bien o servicio sin importar cuál fuera. Esto permite inferir que el género femenino tiene una mayor afinidad por bienes y servicios ambientales, incluyendo el bosque urbano.

Con respecto a los valores de DAP de los atributos individuales evaluados en este trabajo, las mujeres están dispuestas a pagar valores mayores que los hombres, exceptuando el atributo de la fauna. Para el atributo sombra, por ejemplo, las mujeres presentaron valores de \$53.575 COP y \$89.673 COP para los niveles moderada y mucha respectivamente mientras que los valores asociados a los hombres fueron de \$22.241 COP y \$45.431 COP. En otras palabras el precio de la sombra varía entre \$31.334 COP (sombra moderada) y \$44.296 COP (sombra mucha) dependiendo del género de la persona.

Se esperaría que las mujeres tuvieran mayor preferencia que los hombres por árboles que atraigan fauna. En efecto, como se observa en la Tabla 15, la DAP del género masculino para la fauna abundante fue de \$43.448 COP y para las mujeres fue de \$49.326, lo cual muestra una diferencia pequeña comparada con otros atributos, pero dicha diferencia se puede presentar ya que las mujeres pueden tener más afinidad con estos animales en general que los hombres. El nivel de poca atracción de fauna no fue significativo para las mujeres. Con respecto a la reducción de la contaminación, las mujeres nuevamente

pagarían una cifra superior que los hombres, con DAP de \$ 142.383 COP y \$ 121.379 respectivamente. .

El coeficiente para el nivel alto del atributo indeseable de riesgo al daño sugiere que este atributo es considerado muy importante con una DAP de -\$109.223 COP, es decir, que las mujeres prefieren los tipos de árboles en que el riesgo sea el mínimo, pudiendo ser que las mujeres sean más cuidadosas que los hombres respecto a sus propiedades y el cuidado personal. Por su parte, los hombres mostraron un valor de -\$69.224 COP, indicando que no es su principal preocupación y sí les interesa más que el arbolado ayude a controlar la contaminación.

El resultado de la DAP del género femenino puede indicar que las mujeres se preocupan más que los hombres por la contaminación, deterioro y degradación del ambiente, asociado además a la prevención de daños tanto en propiedades como en la integridad física como consecuencia de las características de cada árbol. Finalmente, el género femenino es más atraído por la forma del árbol, el color de las hojas, su tamaño, etc, que los hombres.

4.4.2 Diferencias por estrato

En términos generales, y como es de esperar, los estratos 1, 2 y 3 presentan valores de DAP menores que los estratos 4, 5 y 6. Dado que la división por estratos se define por lo ingresos económicos, se puede suponer que los estratos menores están dispuestos a pagar menos que los estratos altos por los bienes y servicios en general. Este resultado también coincide con los datos obtenidos en el estudio de la Guía del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (UNALMED - AMVA, 2009), donde la probabilidad de pagar por el proyecto aumentaba con el estrato. Por ejemplo en el estrato 5 la probabilidad fue del 50% mientras que en el estrato 2 fue solo del 18% (tener en cuenta que el valor a pagar era de \$20.000 COP, valor similar al nivel inferior de costo en este trabajo).

En particular, el nivel bajo del atributo fauna no fue significativo para los estratos 1,2 y 3. Las personas pertenecientes a los estratos 1, 2 y 3 no valoraron altamente a este atributo, reflejado con el menor valor de \$34.057 COP; mientras que las personas de los estratos 4, 5 y 6, si presentaron valoración más alta reflejada en su DAP de \$50.192 COP.

El atributo del control de la contaminación en la regresión base había arrojado la DAP más alta con \$132.130 COP, para las nuevas regresiones los valores igualmente fueron los más altos. El grupo de estratos 1, 2 y 3 tuvo la DAP mayor a los estratos 4, 5 y 6; con valores de \$151.604 COP y \$128.654 COP respectivamente, lo que puede estar condicionado por la situación ambiental descrita en el numeral anterior, por la exposición a factores ambientales de riesgo en barrios de estratos 1, 2 y 3 y por una mayor preocupación por los gastos médicos.

El atractivo visual es más relevante para los estratos 4, 5 y 6 que para los estratos 1, 2 y 3. Finalmente, el riesgo alto para todos obtuvo valores negativos como se esperaba. En este caso la DAP de ambos grupos de estratos fue prácticamente el mismo valor de la DAP de la regresión base.

Dadas las diferencias de la DAP por estrato, se puede interpretar que los atributos de atracción de fauna y atractivo visual son de alguna manera equivalentes a bienes de lujo; mientras que la sombra y la reducción de la contaminación se asocian con la salud de las personas. Es por esto que los estratos 1, 2 y 3 presentaron menor DAP que los estratos 4, 5 y 6; ya que los ingresos promedio por hogar pueden ser limitados, los estratos bajos no se enfocan en invertir en asuntos estéticos (atracción visual y de fauna) y sí enfatizan sus gastos en términos de necesidades básicas como la salud (sombra como regulador de temperatura, reducción de la contaminación y riesgo de daños).

4.4.3 Diferencias por municipio

Los valores de DAP para los municipios del Valle de Aburrá diferentes a Medellín son mayores en todos los casos que los correspondientes a Medellín. Se podría relacionar estos resultados con que los cascos urbanos de los otros municipios son poco arborizados y Medellín tiene más zonas verdes, por lo tanto los habitantes de los otros municipios valoran más la presencia eventual de áreas verdes en sus municipios.

El atractivo visual es más valorado por las personas que viven en los otros municipios del Valle de Aburrá, ya que la DAP fue de \$ 86.218 COP y si se compara con el municipio de Medellín (\$54.071 COP) este valor fue superior en \$32.147 COP.

Respecto al atributo sombra, se observa en la Tabla 15 que la mayor diferencia de la DAP respecto a la sombra se presenta en el nivel de mucha sombra correspondiente a \$28.556 COP. El municipio de Medellín registró una DAP de \$19.027 COP y \$44.956 COP para los niveles de fauna poca y fauna abundante respectivamente, ambos valores inferiores a los arrojados en los otros municipios con \$27.012 (fauna poca) y \$28.842 COP (fauna abundante). Para la reducción de contaminación, la disponibilidad a pagar siguió la misma tendencia que los casos anteriores. Los otros municipios para esta variable tuvieron una mayor DAP en comparación con todos los grupos en esta regresión, este valor fue de \$154.686 COP.

La diferencia entre la DAP en las diferentes variables se puede deber, por un lado a la configuración de la infraestructura en Medellín, y por otro lado a la cantidad y distribución de zonas verdes. Por ejemplo, con respecto a la variable sombra, la diferencia se puede deber a que el municipio de Medellín presenta edificios de mayor altura y alta densidad en algunos sectores, generando mayor sombra (pero artificial) por las edificaciones y construcciones presentes. Por el contrario, para los otros municipios su desarrollo infraestructural no es el mismo y la sombra en las calles puede ser menor. Para el atributo fauna, los habitantes de los otros municipios indican mayor preferencia que los del Municipio de Medellín, probablemente porque este segundo grupo dentro de su territorio presenta un número mayor de zonas verdes que los otros municipios, por lo que estarían más acostumbrados a ver fauna en los árboles urbanos.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

- **Atributos del árbol urbano**

En este trabajo se seleccionaron y clasificaron los atributos del arbolado urbano que las personas del Valle de Aburrá consideran más importantes y se relacionaron con sus funciones dentro de la ciudad. Los atributos deseables elegidos fueron la sombra, la atracción de fauna, la reducción de la contaminación y la belleza o atractivo visual, correspondiente a las flores y el follaje. El atributo no deseable que se seleccionó fue el riesgo a daños.

Estos atributos se relacionan con los usos funcionales del bosque urbano, particularmente con el sector estético y el de control climático, y a su vez, con los servicios ecosistémicos que prestan los árboles en la ciudad.

- **Disponibilidad a pagar por el bosque urbano del Valle de Aburrá**

Para la determinación de la disponibilidad a pagar de los habitantes del Valle de Aburrá por su bosque urbano se diseñó y aplicó una encuesta usando el método de experimentos de elección.

Los resultados obtenidos respecto a la disponibilidad a pagar por parte de las personas del Valle de Aburrá fueron los esperados, desde el punto de vista estadístico y cómo lo determina la economía ambiental, es decir, coeficientes positivos para atributos deseables y negativos para atributos que no generan bienestar. Adicionalmente la magnitud de los coeficientes y las DAP son las esperadas según las preguntas de control.

Los valores p asociados a los coeficientes β , indican que los habitantes del Valle de Aburrá sí consideran que los árboles tienen atributos deseables e indeseables; lo que permite que a la hora de calcular el valor para cada atributo, se obtengan resultados diferentes de acuerdo con las características de cada árbol.

El atributo que las personas consideraron más importante en la regresión base fue el control de la contaminación con una DAP del \$132.130, seguido del nivel de riesgo alto \$89.337 (valor negativo), nivel de mucha sombra con \$67.551, atracción visual \$63.940, nivel de fauna abundante \$46.910, nivel de sombra moderada \$37.697 y nivel de poca fauna con una DAP de \$21.651.

- **Análisis de características demográficas**

Utilizando la información suministrada por los mismos encuestados, se tuvieron en cuenta diferentes grupos para hacer un análisis más detallado de la disponibilidad a pagar por el bosque urbano. Así, se dividió la muestra por géneros, estratos y municipios.

A la hora de correr nuevamente el modelo asociado a las características demográficas, los resultados evidenciaron que el género femenino en este estudio presentó una mayor disponibilidad a pagar que el género masculino, excepto en el atributo fauna.

Con respecto a las diferencias por estrato, se espera que la DAP se aumente con mayores ingresos debido a que los estratos más bajos tienen restricciones presupuestarias más altas y, por lo tanto, limitaciones para pagar por bienes adicionales a los necesarios.

Los habitantes del municipio de Medellín mostraron una DAP menor que la de los demás municipios del Valle de Aburrá agregados. Esto puede ser un efecto de la distribución de la red ecológica del Valle, de la estructura urbana y de la presencia de mayores áreas de zonas verdes en la ciudad de Medellín.

- **Aspectos metodológicos y operativos**

El método de experimentos de elección fue el más idóneo para el desarrollo de este proyecto, ya que se buscaba encontrar valores de no uso que no se encuentran en un mercado real. Además, se logró que las personas expresaran sus preferencias acerca de los árboles en la región y, especialmente, se determinó la DAP de cada atributo de los árboles de manera individual.

Sin embargo, el método es exigente en cuanto a la dificultad en el diseño del cuestionario, la necesidad de que cada encuestado responda una serie de preguntas similares, la complejidad de los métodos estadísticos y la longitud misma de la encuesta. En todo caso, la encuesta fue bien percibida por las personas entrevistadas según los comentarios que realizaron a los encuestadores, donde el único aspecto a mejorar fue la extensión del cuestionario, dado que la suma de las preguntas de control, las de elección y las sociodemográficas fue de 45 preguntas, con un tiempo promedio por persona para realizar la encuesta entre 15 y 20 minutos aproximadamente.

- **Recomendaciones**

Este estudio queda abierto para hacer un análisis más profundo de la DAP. Se podría analizar detalladamente cómo aspectos económicos, académicos y edades influyen en la disponibilidad a pagar de las personas. Hay que tener en cuenta que para calcular el valor total de cada árbol, se deben incluir los valores DAP de este trabajo, más los DAP de los valores de uso correspondientes. Con la suma de ambos valores de DAP se puede encontrar el valor económico total del arbolado urbano.

Este tipo de trabajos deben ser compartidos con las autoridades ambientales para que se puedan empezar a fortalecer el manejo de la arborización urbana y las políticas de compensación forestal existentes en el Valle de Aburrá; ya que las autoridades ambientales no cuentan con este tipo de información, potencialmente útil en el diseño de políticas públicas en temas ambientales urbanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aizaki, H. (2012). Basic Functions for Supporting an Implementation of Choice Experiments in R. *Journal of Statistical Software*, 50, 24. Recuperado a partir de <https://www.jstatsoft.org/index>
- AMVA. (2007). *Plan maestro de espacios públicos verdes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín, Colombia. Recuperado a partir de [http://www.metropol.gov.co/ZonasVerdes/Documents/Documento Resumen Zonas Verdes/Texto Documento Resumen \(Version 02\).pdf](http://www.metropol.gov.co/ZonasVerdes/Documents/Documento%20Resumen%20Zonas%20Verdes/Texto%20Documento%20Resumen%20(Version%2002).pdf)
- AMVA. (2010). *Atlas Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín. Recuperado a partir de http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Atlas_Metropolitano.pdf
- AMVA. (2016). Mapa municipios Valle de Aburrá. Recuperado 1 de enero de 2016, a partir de <http://www.metropol.gov.co/institucional/Paginas/municipios.aspx>
- Argoty, C., & Meza, V. (2014). *Evaluación del servicio ecosistémico de remoción de contaminantes atmosféricos por parte del bosque urbano en sitios piloto del Valle de Aburrá*. Universidad EIA.
- Arroyave, M. del P., Posada, M., & Gutiérrez, M. E. (2014). Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/acerca>
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. *Journal of Business & Economic Statistics* (Vol. 6). <http://doi.org/10.2307/1391567>
- Camacho, V., & Ruiz, L. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio-Ciencias*, 1, 15. Recuperado a partir de <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/02-04/biociencias4-1.pdf>
- Castiblanco, C. (s. f.). Cómo se expresa el valor económico de un bien ambiental [Curso]. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2009120/lecciones/cap2/valoracioneconomica/valoracioneconomica5a.html>
- Castiblanco, C. (2013). La valoración económica ambiental. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de [http://elti.fesprojects.net/2013 Cali/c.castiblanco.valoracion.pdf](http://elti.fesprojects.net/2013%20Cali/c.castiblanco.valoracion.pdf)
- Catorce6. (2013). Propuestas ambientales, hicieron de Medellín de las ciudades más

- nnovadoras [Noticia]. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de <http://www.catorce6.com/index.php/noticias/item/246-propuestas-ambientales-hicieron-de-medell%C3%ADn-una-de-las-ciudades-m%C3%A1s-innovadoras>
- Cerda, C. (2011). Una aplicación de experimentos de elección para identificar preferencias locales por opciones de conservación y desarrollo en el extremo sur de Chile, 32(3), 291–307. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000300011>
- Charry, A., & Delgado, W. (2015). Disponibilidad a pagar por un plan de conservación en la cuenca del río Tunjuelo Bogotá-Colombia. *Universidad Católica de Colombia*, 7. Recuperado a partir de <https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/2015/12/Estudio-disponibilidad-a-pagar.-Junio-2015.pdf>
- Corredor, E., Fonseca, J., & Páez, E. (2012). *Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano*. Tunja. Recuperado a partir de [file:///C:/Users/SOS Outsourcing/Downloads/Dialnet-LosServiciosEcosistemicosDeRegulacion-4227147.pdf](file:///C:/Users/SOS%20Outsourcing/Downloads/Dialnet-LosServiciosEcosistemicosDeRegulacion-4227147.pdf)
- DANE. (2005). Demografía y población-Proyecciones de población. Recuperado 1 de enero de 2016, a partir de <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>
- Espinal, N., & Gómez, J. (2011). Experimentos de elección: una metodología para hacer valoración económica de bienes de no mercado. *Ensayos de Economía*, 38, 221 – 242. Recuperado a partir de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/27941/28202>
- ETMVA. (2013). *Informe corporativo 2013, Metro de Medellín*. Medellín. Recuperado a partir de https://www.metrodemedellin.gov.co/Portals/4/Images/Contenido/INFORMES-CORP/2013_informe-corporativo.pdf
- Gilman, E., Duryea, M., Kampf, E., Partin, T. J., Astrid, D., & Lehtola, C. (2006). Evaluación del Daño y Restauración de los Árboles Después de un Huracán. *Programa de Recuperación del Bosque Urbano Afectado por Huracanes*. Florida. Recuperado a partir de http://www.isahispana.com/treecare/resources/evaluaci%C3%B3n_del_da%C3%B1o.pdf
- Gómez, J. (2003). Economía de los recursos naturales y ecosistemas: necesidad de su valoración económica. *Ciencia y Sociedad*, 28, 600 – 611. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/pdf/870/87028403.pdf>
- González de Canales, C. (2012). *Beneficios del arbolado urbano*. Recuperado a partir de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios del arbolado urbano.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf)

- Gooding, R., Ingram, J., Urban, J., Bloch, L., Steigerwaldt, W., Harris, R., & Allen, E. (2000). *Guide for plant appraisal* (9ª ed.). Illinois: International Society of Arboriculture.
- Hermelin, M. (2007). Valle de Aburrá: ¿Quo vadis? *Gestión y Ambiente*, 10, 10. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/13787/1/1408-6745-1-PB.pdf>
- Herrera, M. A., Ignacio, J., & Alonso, S. (2001). *Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques tropicales primarios y secundarios de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Recuperado a partir de http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/28_Herrera.PDF
- Hoyos, C. (2013). Manejo integral del arbolado urbano en el Valle de Aburrá. Recuperado 2 de febrero de 2016, a partir de <http://www.metropol.gov.co/ZonasVerdes/Eventos/PresentacionAMVA.pdf>
- Isaza, M., & Restrepo, V. (2016). Tres estaciones registraron calidad del aire dañina para niños y adultos mayores. Recuperado a partir de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/calidad-del-aire-en-medellin-por-contaminacion-YI3921144>
- Kuchelmeister. (2000). Árboles y silvicultura en el milenio urbano. *Unasylva*, 51, 49–55. Recuperado a partir de <http://www.bionica.info/biblioteca/Kuchelmeister2000ArbolesUrbanos.PDF>
- Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de https://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/569_guiavaloracion.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente [Perú]. (2015). Guía nacional de valoración económica del patrimonio natural. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/GVEPN-ALTA.compressed.pdf>
- Montoya, D., Martín, B., Louit, C., Montes, C., & Lomas, P. (2015). Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. *ResearchGate*, p. 77. Madrid. Recuperado a partir de http://www.researchgate.net/publication/268285963_GUA_PRCTICA_PARA_LA_VALORACION_ECONOMICA_DE_LOS_BIENES_Y_SERVICIOS_AMBIENTALES_DE_LOS_ECOSISTEMAS
- Onaindia, M. (2010). Servicios de los ecosistemas y bienestar humano: La contribución de la Evaluación de los ecosistemas del Milenio (UNESCO Etx, p. 77). País Vasco. Recuperado a partir de http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas_bienestar.pdf

- Osorio, J., & Correa, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. *Semestre Económico*, 7, 159–193. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013657006>
- Phillippe, H. (s. f.). ¿Qué es el servicio ambiental? Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de <http://pib.socioambiental.org/es/c/terras-indigenas/servicos-ambientais/o-que-e-servico-ambiental>
- Reid, W., Mooney, H., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, Stephen Chopra, Kanchan Dasgupta, P., Dietz, T., ... Zurek, M. (2003). *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being*. Washington. Recuperado a partir de http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf
- Tomasini, D. (2015). Evaluación económica del ambiente. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de http://eva.universidad.edu.uy/pluginfile.php/505577/mod_resource/content/0/Valoracioneconomica_2015.pdf
- Tovar, G. (2007). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *Territorios*, (16-17), 149–173. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/pdf/357/35701709.pdf>
- UNALMED - AMVA. (2009). Valoración ecológica, económica y social de las áreas verdes asociadas a una red de conectividad ecológica, como base para el manejo y gestión de la red ecológica en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Recuperado 1 de enero de 2016, a partir de <http://www.metropol.gov.co/ZonasVerdes/Paginas/Publicaciones.aspx?RootFolder=/ZonasVerdes/Documents/Caracterización Biótica, Valoración Social y Económica de las áreas Verdes&FolderCTID=0x012000A7C5856C23F22C45B08C787D2198>
- Universidad de Antioquia. (2012). *Determinación y protección de las potenciales zonas de recarga en el norte del Valle de Aburrá*. Medellín. Recuperado a partir de http://www.metropol.gov.co/recursohidrico/Publicaciones/Determinacion_y_proteccion.pdf
- Voogt, J. (2008). Islas de Calor en Zonas Urbanas: Ciudades Más Calientes. Recuperado 1 de enero de 2016, a partir de <http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/voogt.html>
- Woodland Trust. (2010). A Timely Reminder About Why We Must Protect Our Mature Urban Trees [Imagen]. Recuperado 1 de enero de 2015, a partir de <http://guffguelph.ca/2010/07/12/a-timely-reminder-about-why-we-must-protect-our-mature-urban-trees/>

ANEXO 1. CÓDIGOS EN STATA Y R

CÓDIGO EN R PARA EL DISEÑO DE LOS ATRIBUTOS

```
require(support.CEs)
des1 <- rotation.design(attribute.names = list( Sombra = c("Muy poca", "Moderada", "Mucha"), Fauna = c("No hay presencia", "Poca", "Abundante"), Red_Contaminacion = c("No", "Si"), Visual = c("Poco atractivo", "Atractivo"), Riesgo = c("Bajo", "Mediano", "Alto"), Precio = c("$25.000", "$50.000", "$75.000", "$100.000")),
nalternatives = 2, nblocks = 9, row.renames = FALSE,
randomize = TRUE, seed = 987)
questionnaire(choice.experiment.design = des1)
```

CÓDIGO EN STATA PARA EL LOGIT CONDICIONAL

****Arbolado Urbano

****Catalina Londoño & Juan C. Berrío

**Cambio de directorio

cd "/Users/Catalina/Desktop/Arbolado/Arbolado_Stata"

**Set up

capture log close

clear all

clear mata

log using "/Users/Catalina/Desktop/Arbolado/Arbolado_Stata/Arbolado",replace

clear

set mem 200m

set more off

**Cargar datos

use "/Users/Catalina/Desktop/Arbolado/Arbolado_Stata/Arbolado.dta",clear

*summarize

**Crear dummies para categorías de ingresos

tabulate ingreso, gen (ingreso_)

label variable ingreso_1 "\$1.4M a \$2.1M"

label variable ingreso_2 "\$2.1M a \$2.8M"

label variable ingreso_3 "\$2.8M a \$3.4M"

label variable ingreso_4 "\$3.4M a \$4.1M"

label variable ingreso_5 "\$4.4M a \$4.8M"

label variable ingreso_6 "\$0.7M a \$1.4M"

label variable ingreso_7 "Menor a 1SM"

label variable ingreso_8 "Mayor a \$4.8M"

label variable ingreso_9 "No info"

gen low_income=ingreso_7+ingreso_1+ingreso_2+ingreso_3+ingreso_4

gen high_income=ingreso_5+ingreso_6+ingreso_8

```

label variable high_income "Más de 5SMM"

**Crear dummies para estratos
tabulate estrato, gen (estrato_)
gen estr_bajo=estrato_1+estrato_2+estrato_3
gen estr_alto=estrato_4+estrato_5+estrato_6

**Crear dummies por municipio
tabulate municipio, gen (municipio_)
label variable municipio_1 "Barbosa"
label variable municipio_2 "Bello"
label variable municipio_3 "Caldas"
label variable municipio_4 "Copacabana"
label variable municipio_5 "Envigado"
label variable municipio_6 "Girardota"
label variable municipio_7 "Itagui"
label variable municipio_8 "La Estrella"
label variable municipio_9 "Medellin"
label variable municipio_10 "Sabaneta"
gen
Otros_mun=municipio_1+municipio_2+municipio_3+municipio_4+municipio_5+m
unicipio_6+municipio_7+municipio_8+municipio_10
gen Mun_Norte=municipio_1+municipio_2+municipio_4+municipio_6
gen
Mun_Sur=municipio_3+municipio_5+municipio_7+municipio_8+municipio_10

***Crear dummies para cada atributo
**Sombra
tabulate sombra, gen (sombra_)
label variable sombra_1 "Som_Ninguna"
label variable sombra_2 "Som_Moderada"
label variable sombra_3 "Som_Mucha"
label variable sombra_4 "Som_Muy poca"

**Fauna
tabulate fauna, gen (fauna_)
label variable fauna_1 "Fau_Ninguna"
label variable fauna_2 "Fau_Abundante"
label variable fauna_3 "Fau_Sin fauna"
label variable fauna_4 "Fau_Poca"

**Contaminacion
tabulate contaminacion, gen (cont_)
label variable cont_1 "Cont_Ninguna"
label variable cont_2 "Cont_No"

```

```

label variable cont_3 "Cont_Si"

**Belleza
tabulate belleza, gen (belleza_)
label variable belleza_1 "Bel_Ninguna"
label variable belleza_2 "Bel_Atrac"
label variable belleza_3 "Bel_Poco"

**Riesgo
tabulate riesgo, gen (riesgo_)
label variable riesgo_1 "Rie_Ninguna"
label variable riesgo_2 "Rie_Alto"
label variable riesgo_3 "Rie_Bajo"
label variable riesgo_4 "Rie_Mediano"

****Logit condicional
eststo: clogit respuesta precio_miles sombra_2 sombra_3 fauna_4 fauna_2
cont_3 belleza_2 riesgo_2, group( q_id_total )

***Logit condicional por grupos

*Por estratos (alto y bajo)
sort estr_alto
by estr_alto: eststo: clogit respuesta precio_miles sombra_2 sombra_3 fauna_4
fauna_2 cont_3 belleza_2 riesgo_2, group( q_id_total )

*Por genero
sort genero
by genero: eststo: clogit respuesta precio_miles sombra_2 sombra_3 fauna_4
fauna_2 cont_3 belleza_2 riesgo_2, group( q_id_total )

*Por municipio (Medellin y otros)
sort Otros_mun
by Otros_mun: eststo: clogit respuesta precio_miles sombra_2 sombra_3
fauna_4 fauna_2 cont_3 belleza_2 riesgo_2, group( q_id_total )

esttab using Resultados.rtf, se replace
eststo clear

**Terminar
log close

```

ANEXO 2. ENCUESTA²

PARTE 0 INFORMACIÓN GENERAL Y CONSENTIMIENTO

Esta es una encuesta realizada por la **Universidad EIA** en el Valle de Aburrá para un proyecto de investigación cuyo objetivo es conocer la percepción de las personas del **Valle de Áburrea** con respecto a los **árboles en la ciudad**.

La realización del proyecto es **sin ánimo de lucro**, es decir, sin fines económicos, **no tiene ninguna afiliación política** y será exclusivamente con **fines académicos**.

En la información que se solicitará en ningún caso se requieren nombres de los encuestados, dirección de residencia, teléfono, u otra información personal. Toda la información que nos suministre será **confidencial**, y únicamente será utilizada en el proyecto. Al momento de procesar los resultados de la encuesta, ninguna respuesta será asociada al encuestado; las respuestas serán tomadas en conjunto.

Esta encuesta no dura más de quince (15) minutos. Tenga en cuenta que usted no se beneficiará directamente de los resultados y no hay compensación económica por participar, pero sus respuestas nos permitirán entender las opiniones de la comunidad para informar luego a los tomadores de decisiones desde nuestra posición como Universidad.

Si tiene alguna inquietud se puede comunicar con la directora del proyecto, la profesora **María del Pilar Arroyave Maya**, al siguiente correo electrónico: catalogovirtualflora@eia.edu.co



- **DADA LA INFORMACIÓN PRELIMINAR, Y SÓLO SI USTED ES MAYOR DE EDAD, ¿ESTÁ DISPUESTO(A) A PARTICIPAR EN ESTA ENCUESTA?**

▪ **SÍ __ NO __**

² En la pregunta de elección sólo se puso en este anexo la primera combinación de las 8 combinaciones del bloque #1.

Si el encuestado está de acuerdo con continuar la encuesta, proceda a desarrollarla. Si el encuestado no está de acuerdo, se procede a finalizar la encuesta y darle las gracias.

PARTE A: ÁRBOLES EN LA CIUDAD

1. Califique las siguientes frases de acuerdo con el grado con que usted se identifique, siendo 1=No me identifico, 2= Me identifico parcialmente, 3= Me identifico

- Prefiero que los árboles estén sembrados muy cerca de mi casa _____
- Considero que los árboles deben ser plantados sólo en los parques de los barrios _____
- Los árboles deben estar exclusivamente en los bosques que rodean las ciudades _____

2. Califique de 1 a 5 cada una de las siguientes frases según su grado de acuerdo o desacuerdo. Siendo 1=muy en desacuerdo, 2= desacuerdo, 3=indiferente, 4=de acuerdo, 5= muy de acuerdo.

- Para mí es importante que un árbol brinde sombra

- Me gusta ver árboles por la ventana de mi casa

- Me agrada ver aves en los árboles

- Me gusta que los árboles atraigan insectos

- Considero que es importante el aporte de los árboles para reducir la contaminación

- Me preocupa salir afectado por la caída de ramas de los árboles

- Me gustan los árboles con flores coloridas

3. ¿Cómo describiría los árboles que aparecen en las imágenes?. Escoja máximo dos opciones que usted considere para cada uno de los casos.



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

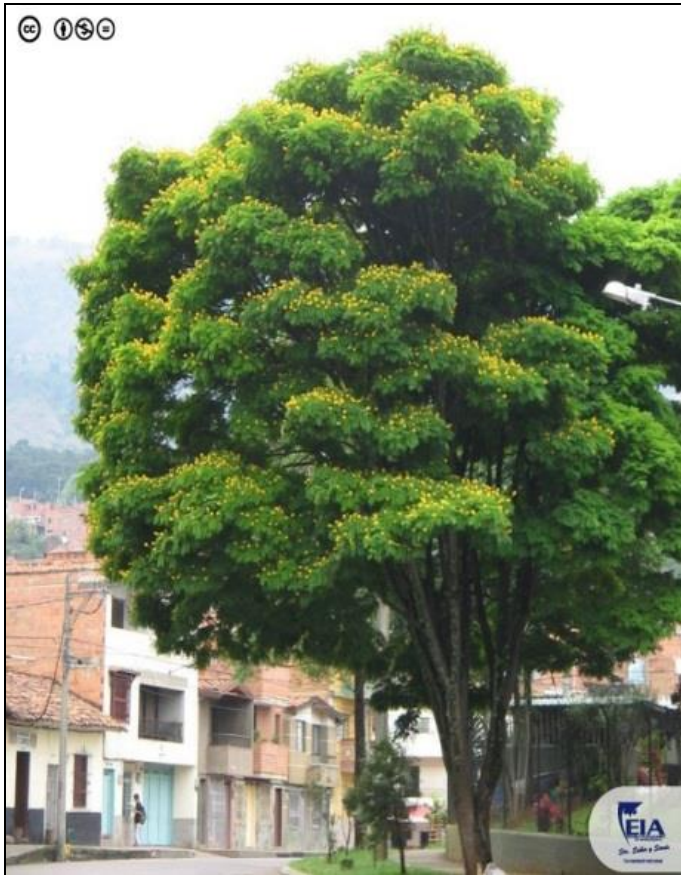
Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

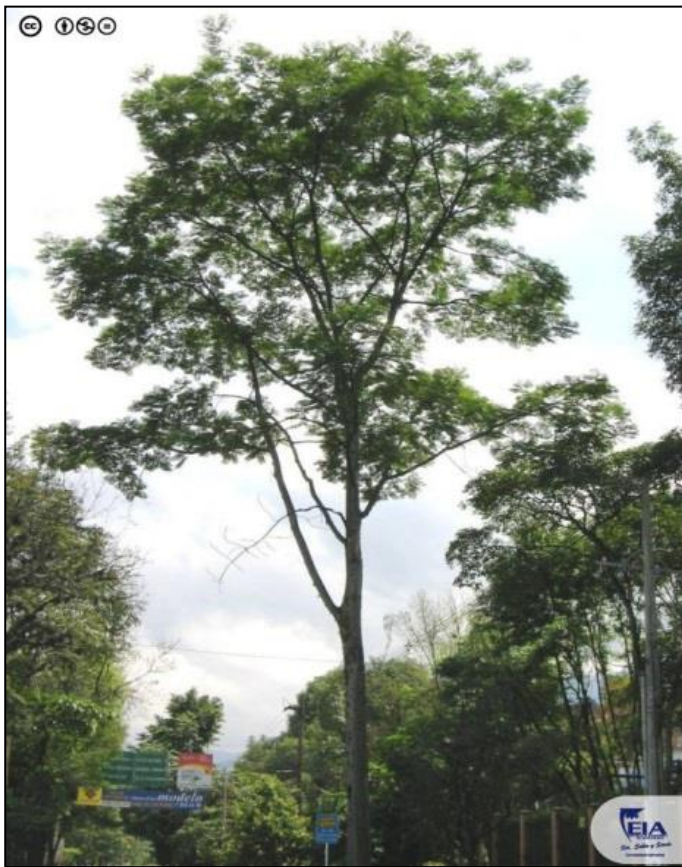
Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



Alto ()

Frondoso ()

Débil ()

Delgado ()

Bajo ()

Seco ()

Peligroso ()

Fuerte ()

Colorido ()

Hermoso ()

Le es indiferente ()

Otro (), ¿cuál?



- Alto ()
 - Frondoso ()
 - Débil ()
 - Delgado ()
 - Bajo ()
 - Seco ()
 - Peligroso ()
 - Fuerte ()
 - Colorido ()
 - Hermoso ()
 - Le es indiferente ()
 - Otro (), ¿cuál?
-

PARTE B. ATRIBUTOS DE LOS ÁRBOLES Y PREGUNTAS DE ELECCIÓN

A continuación se describe una serie de características asociadas a las especies de árboles en la ciudad. Por favor lea detenidamente, con el fin de que logre responder las preguntas que le vamos a hacer más adelante.

■ SOMBRA

Las copas de los árboles capturan los rayos solares y generan espacios de sombra en un área cercana a ellos. Esta sombra depende del tamaño y abundancia de sus hojas, la distancia entre sus ramas, entre otros. Para esta encuesta, la calificación de la sombra será la siguiente:

Muy poca	Moderada	Mucha
		
No genera sombra en ningún momento	Se observa sombra en algunas áreas	Completa sombra alrededor del árbol

▪ ATRACCIÓN DE FAUNA: AVES Y ARDILLAS

Los árboles les proveen a los animales refugio (hogar) y alimento. Esto permite que animales como las ardillas y gran diversidad de especies de aves lleguen a los árboles. La presencia de aves y ardillas en un árbol para esta encuesta será la siguiente:

No hay presencia	Poca	Abundante
		
No hay aves o ardillas en un día promedio	Se pueden ver entre 1 y 4 especies en un día promedio	Presencia de 5 o más especies en promedio por día

■ REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Los árboles tienen la capacidad de ayudar a reducir los niveles de contaminación en las ciudades, mediante el almacenamiento y absorción de dióxido de carbono (CO₂), polvo, gases contaminantes y material particulado. El aporte de un árbol para reducir la contaminación para esta encuesta está dada por:

Sí



Especies de árboles que reducen la contaminación

No



Especies de árboles que no reducen la contaminación

▪ **ATRACCIÓN VISUAL**

Los árboles urbanos generan sensación agradable a la vista de las personas de acuerdo con su forma y tamaño, las flores que pueda tener y el color de sus hojas. Esto trae beneficios estéticos, paisajísticos, educativos y recreativos. La atracción visual se puede clasificar como:

Atractivo



Frondoso, alto, grueso, verde o con bonitas flores




Poco atractivo



Pocas ramas y hojas, delgado, bajo, sin flores

▪ **RIESGO DE DAÑOS**

Ante fenómenos naturales, acciones humanas o su estado, los árboles pueden ocasionar accidentes en las zonas urbanas o afectar la salud de las personas mediante la caída del árbol o de sus ramas, generación excesiva de polen, levantamiento del pavimento o las aceras como consecuencia de las raíces, entre otras. Este riesgo se clasifica en:

Bajo	Mediano	Alto
		
No provoca peligro, no afecta a las personas	Leves afectaciones físicas, intoxicaciones o breves daños estructurales	Daño a propiedades, afectando la infraestructura, lesiones graves a personas, suspensión de servicios públicos, entre otros.

▪ COSTO

Para esta encuesta se asume que se llevará a cabo un proyecto para contribuir a mejorar el manejo de la arborización en su barrio. Dicho proyecto tendrá un valor para cada hogar que será cobrado en una cuenta que llegará a su casa una sola vez. Los posibles precios que le corresponderían a su hogar por el proyecto son:



\$25.000

\$50.000













\$75.000

\$100.000

CON LA INFORMACIÓN QUE USTED ACABA DE LEER, SOLICITAMOS RESPONDER LAS SIGUIENTES PREGUNTAS. TENGA EN CUENTA QUE LAS PREGUNTAS SON INDEPENDIENTES UNAS DE OTRAS; ES DECIR, CADA VEZ QUE RESPONDA UNA PREGUNTA, PASE A LA SIGUIENTE SIN TENER EN CUENTA LA QUE HA ACABADO DE CONTESTAR.

Suponga que **en la cuadra donde usted vive** se va a realizar un proyecto con el fin de mejorar el manejo de los árboles y para ello se va a **trasplantar un árbol** con características o funciones determinadas como *la sombra, la atracción fauna, la reducción de la contaminación, el aspecto visual y los riesgos*. A su hogar le corresponderá **una parte del costo** de traer el árbol que pagará **una sola vez** en una **cuenta que llegará a su casa** y podrá ser **financiada** en el transcurso de **un año**. Las opciones **Árbol A y Árbol B** son las únicas que usted tendrá en cuenta. **¿Cuál opción elegiría usted?**

Por favor lea detenidamente cada una de las características de cada una de las opciones. Cuando ya se haya decidido marque la casilla correspondiente a esa opción. En el caso de no estar de acuerdo con ninguna de las opciones de árboles planteadas, seleccione la casilla "No traer un árbol", lo cual significa que no se trasplantará ningún árbol en su cuadra, y no se generará ningún costo para su hogar.

ÁRBOL A	Sombra	Fauna	Control de contaminación	Atracción visual	Riesgo de daños	Costo	Yo elijo
							<u>ÁRBOL A</u>
	Moderada	No hay presencia	Sí	Atractivo	Alto	\$ 75.000	
ÁRBOL B	Sombra	Fauna	Control de contaminación	Atracción visual	Riesgo de daños	Costo	Yo elijo
							<u>ÁRBOL B</u>
	Moderada	Poca	No	Atractivo	Mediano	\$ 50.000	
No traer ningún árbol	Sombra	Fauna	Control de contaminación	Atracción visual	Riesgo de daños	Costo	Yo elijo
	Ninguna	Ninguna	Ninguno	Ninguna	Ninguno	\$ 0	<u>No traer ningún árbol</u>

• PARTE C: PREGUNTAS SOCIOECONÓMICAS

4. Género
 - Femenino
 - Masculino
5. Edad
6. En qué municipio vive actualmente
 - Caldas
 - La Estrella
 - Itagüí
 - Envigado
 - Sabaneta
 - Medellín
 - Bello
 - Barbosa
 - Copacabana
 - Girardota
7. ¿Hace cuántos años vive en el Valle de Aburrá?
8. ¿En qué barrio vive actualmente?
9. ¿Hace cuántos años vive en su residencia actual?
10. ¿A qué estrato socioeconómico pertenece?
11. ¿Cuál es su ocupación?
 - Empleado (a)
 - Estudiante
 - Ama de casa
 - Trabajador(a) independiente o propietario de negocio
 - Jubilado(a)
 - Desempleado(a)
 - Otro___ ¿cuál?

12. ¿Cuál es el máximo nivel educativo que ha alcanzado?
- Primaria
 - Bachillerato
 - Universitario sin grado
 - Universitario
 - Posgrado
13. Incluyéndose usted, ¿cuántas personas **mayores de edad** viven en su hogar?
14. ¿Cuántos **menores de edad** viven en su hogar?
15. ¿Cuál es el nivel de ingresos promedio **aproximado** de su hogar?
- Menor a un salario mínimo
 - Entre \$ 700.000 y \$1.400.000 (1 y 2 SM)
 - Entre \$ 1.400.000 - \$ 2.100.000 (2 y 3 SM)
 - Entre \$ 2.100.000 - \$ 2.800.000 (3 y 4 SM)
 - Entre \$ 2.800.000 - \$ 3.500.000 (4 y 5 SM)
 - Entre \$ 3.500.000 - \$ 4.200.000 (5 y 6 SM)
 - Entre \$ 4.200.000 - \$ 4.900.000 (6 y 7 SM)
 - Mayor \$ 4.900.000 (Más de 7 SM)
 - Prefiere no responder
16. ¿Tiene algún comentario relacionado con el tema o la estructura de la encuesta?

MUCHAS GRACIAS POR SU AMABILIDAD Y EL TIEMPO BRINDADO PARA RESPONDER LAS PREGUNTAS

Recuerde, si tiene alguna inquietud, no dude en contactarnos a catalogovirtualflora@eia.edu.co